

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Кибернетики  
 Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
 Кафедра СУМ

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Интегрированное компьютерное управление нефтеподготовкой на месторождении

УДК 622.276.8:004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Аржанова Алла Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. СУМ	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	к.х.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

### Планируемые результаты обучения

Код Рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР(пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК- 3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2),согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE

		и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, ), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики  
 Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
 Кафедра СУМ

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой СУМ  
 \_\_\_\_\_ Губин В.Е.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ51	Аржанова А. В.

Тема работы:

Интегрированное компьютерное управление нефтеподготовкой на месторождении	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	№1399/с от 28.02.2017г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017г.
--	--------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Установка подготовки нефти;</li> <li>- Передаточные функции технических объектов.</li> </ul>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Проведение литературного обзора по тематике ВКР;</li> <li>-Изучение технологических процессов подготовки нефти;</li> <li>-Проведение анализа образования водонефтяных эмульсий и методов борьбы с ними;</li> <li>-Математически описать процесс деэмульгации;</li> <li>- Проведение моделирования процесса обезвоживания нефти;</li> <li>- Анализ расчетных данных.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Презентация – 12 слайдов;</li> <li>- Алгоритм регулирования подачи деэмульгатора – 1 лист;</li> <li>- Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-13 – 1 лист.</li> </ul>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Пустовойтова М. И.
Раздел, выполненный на иностранном языке	Бутакова Т. И.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Общее описание технологического процесса	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	.
---	---

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. СУМ	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЕМ51	Аржанова Алла Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8EM51	Аржанова Алла Владимировна

<b>Институт</b>	Институт кибернетики	<b>Кафедра</b>	СУМ
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	150406 Мехатроника и робототехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	
2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	
3. <b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей):</i>	
1. <i>Альтернативы проведения НИ</i>	
2. <i>График проведения и бюджет НИ</i>	
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8EM51	Аржанова Алла Владимировна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ51	Аржанова Алла Владимировна

<b>Институт</b>	Кибернетики	<b>Кафедра</b>	СУМ
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	150406 Мехатроника и робототехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами. Объектом исследования является установка подготовка нефти (УПН), автоматизация блока подачи реагента.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</li> </ul>	<p>К вредным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Шум на рабочем месте.</li> <li>• Электромагнитное излучение.</li> <li>• Микроклимат.</li> <li>• Естественное освещение.</li> <li>• Напряженность электромагнитного поля</li> </ul> <p>К опасным факторам отнесен электрический ток. Существует вероятность поражения статическим электричеством, а так же поражение электрическим током в процессе работы с электрооборудованием, в частности, с компьютерами.</p>



<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Негативного воздействия разрабатываемого объекта на окружающую среду не происходит, т.к. разрабатываемый объект не является материальным.</p> <p>В работе проведён анализ негативного воздействия на литосферу, возникающего при утилизации неисправного оборудования (сломанные компьютеры, периферийные устройства, лампы и т.д.) и бытового мусора(отходы от печати).</p>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Существует вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.</p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78[1].</p> <p>Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[2].</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	к. хим.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Аржанова Алла Владимировна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 120с., 37 рис., 23 табл., 40 источников, 6 прил.

Ключевые слова: установка подготовки нефти; автоматизация; деэмульгатор; пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор; Model Predictive Control.

Объектом исследования является установка подготовки нефти, в частности блок подачи деэмульгатора, печь и трехфазный сепаратор.

Цель работы – создание автоматизированной системы управления подачей деэмульгатора в реальном масштабе времени в зависимости от температуры и расхода выходного объема подготовленной для транспортирования нефти.

В процессе исследования проведен расчёт осаждения капли воды под влиянием внешних сил в зависимости от диаметра и температуры. Построенная математическая модель процесса обезвоживания нефти с применением ПИД и МРС регуляторов.

За счет внедрения новой АСУ ТП можно добиться улучшения процесса разделения нефти от воды, за счет регулирования параметров.

Область применения: нефтегазовая отрасль.

Экономическая эффективность/значимость работы средняя.

## **Обозначения и сокращения**

УПН – установка подготовки нефти.

УКПН – установка комплексной подготовки нефти.

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

АРМ – автоматизированные рабочие места.

ФСА – функциональная схема автоматизации.

SCADA – диспетчерское управление и сбор данных.

## Оглавление

Введение .....	14
Глава 1. Обзор литературы .....	16
1.1 Характеристика скважинной продукции .....	16
1.2 Общее описание технологического процесса .....	18
1.3 Общие сведения о сепараторах .....	19
Глава 2. Процессы обезвоживания и обессоливания нефти как объект автоматического управления .....	23
2.1 Водонефтяные эмульсии и их свойства .....	24
2.2 Технологические процессы обезвоживания и обессоливания нефти как объекты управления .....	29
2.3 Современное состояние проблемы разработки системы автоматического управления процессами обезвоживания и обессоливания нефти .....	32
2.4 Декомпозиция задачи разработки системы автоматического управления процессами обезвоживания и обессоливания нефти .....	33
2.5 Концептуальные проектные решения интеграции автоматизированных систем .....	36
2.6 Математическая модель процесса дэмульгации нефти .....	37
Глава 3. Разработка системы автоматического управления процессом дестабилизации водонефтяных эмульсий .....	43
3.1 Процесс дестабилизации водонефтяной эмульсии как объект управления. ....	45
3.2 Параметризация и идентификация закона управления процессом дестабилизации водонефтяной эмульсии .....	47
3.3 Система управления процессом дестабилизации водонефтяной эмульсии .....	48
3.4 Декомпозиция задачи повышения эффективности процесса обезвоживания нефти .....	49
3.5 Выбор и обоснование алгоритма управления обезвоживанием нефти .....	49
3.6 ПИД управление процессом обезвоживания нефти в целом .....	52
3.7 МРС автоматического управления процессом обезвоживания нефти .....	61
Глава 4 Социальная ответственность .....	71
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	71
4.1.1 Параметры микроклимата .....	72
4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	75
4.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения .....	78
4.1.4 Опасность поражения электрическим током .....	80
4.2 Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов .....	84
4.3 Определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности .....	87
4.4. Региональная безопасность .....	88
4.5. Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	90
4.5.1 Эргономические требования к рабочему месту .....	90

4.5.2 Окраска и коэффициенты отражения .....	91
4.5.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	92
4.5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	93
Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	96
5.1.1 Построение графика работ .....	100
5.1.2 Расчет накопления готовности проекта .....	101
5.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	106
Заключение.....	114
Список используемых источников .....	116
Приложение А.....	120
Приложение Б .....	121
Приложение В.....	122
Приложение Г .....	123
Приложение Д.1 .....	124
Приложение Д.2.....	125
Приложение Е .....	126

## **Введение**

Нефтегазовая отрасль является одной из важных областей экономического развития Сибирских регионов РФ. На сегодняшний день существует 670 месторождений в Западной Сибири, средняя выработанность которых составляет от 37% до 60 %. При добычи нефтегазовых продуктов в пласт подается рабочий агент - вода или природный газ, для поддержания пластового давления (в 80% случаях используется вода). Средняя обводненность месторождений по России составляет от 50-80 %, что повышает себестоимость добываемой продукции [1].

Продукт, получаемый из нефтяных скважин, является сложной смесью, состоящей из нефти, попутного нефтяного газа, воды и механических примесей [2]. Нефть в «сыром» виде транспортировать нецелесообразно. Поскольку доставка «сырого» продукта экономически невыгодно: в-первых, поскольку имеет место большие потери по скорости транспортирования, вследствие совместного движения составляющих (нефти, газа и воды), из-за преодоления сил трения, во-вторых, минерализованная пластовая вода и механические примеси вызывают коррозию и ускоряют абразивный износ оборудования. Поэтому актуально очищать «сырую» нефть сразу при добыче.

Автоматизация и оптимизация технологических процессов является важным фактором для повышения производительности и улучшении качества выпускаемой продукции. Поэтому автоматизацию на предприятия нефтедобычи и нефтепереработке должна использоваться на всех этапах добычи и производства. Применение автоматизации целесообразно не только из-за получения финансовой прибыли, но и в целях безопасности, поскольку нефтегазовые продукты пожаро-взрывоопасные вещества.

Все традиционные технологические процессы на предприятиях нефтегазовой промышленности подразделяются на три направления:

1. Автоматика процесса добычи нефти и газа.
2. Автоматика переработки нефтегазового сырья.
3. Автоматика транспортировки нефти и газа к покупателю.

Путем автоматизации технологических процессов может быть достигнуто повышения производительности труда и улучшено качество товарной продукции.

Задача автоматизации процесса сепарации на технологической площадке установки подготовки нефти (УПН) сводится к автоматизированному контролю: контролю качеству товарной нефти, контроль на всех этапов подготовки нефти, контролю и управлению технологическим оборудованием, контроль безопасности.

Узел обезвоживания и обессоливания, представляющий собой наиболее сложный объект УПН, должен быть предварительно разделен на основные блоки: нагрев, обезвоживание, обессоливание, нагрев и обезвоживание и др.

Целью настоящей работы является разработка и исследование системы автоматизированного управления нефтеподготовки на месторождении с использованием автоматического регулирования подачи эмульгатора.

Задачей АСУ ТП УПН является повышение эффективности производства и качества подготовки нефти.

## Глава 1. Обзор литературы

### 1.1 Характеристика скважинной продукции

Скважинная нефтяная продукция может состоять из смеси многих компонентов, таких как: нефть, попутный нефтяной газ, вода и механические примеси (песок, окалины и других механических компонентов). Для достижения показателей качества. Процесс сепарации нефти позволяет достичь определенных показателей качества. Товарная нефть делится на 4 класса нефти таблица 1, согласно ГОСТ Р 51858-2002 [3] и должна отвечать показателям качества, которые приведены в таблице 2.

Сырая нефть – жидкая природная ископаемая смесь углеводородов, без переработки не применяется, имеет широкий физико-химический состав: газ, воду, минеральные соли, механические примеси. Является материалом для переработки и получения жидких энергоносителей, смазочных масел, битума и кокса [4] .

Товарная нефть – продукт, готовый к доставке к потребителю, который должен соответствовать действующим нормативным и техническим документам [4]. Требования к качеству товарной нефти определяется ГОСТ 9965-76 [5] и, в отдельных случаях, специальными техническими условиями.

Таблица 1– Классы нефти [3]

Класс нефти	Наименование	Массовая доля серы, %
1	Малосернистая	До 0,60 включительно
2	Сернистая	От 0,61 >> 1,80
3	Высокосернистая	>> 1,81 >> 3,50
4	Особо высокосернистая	Св. 3,50



Таблице 2– Показателям качества нефти [3]

Наименование показателей	Норма для нефти группы		
	1	2	3
Массовая доля воды, %, не более	0,5	0,5	1
Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм <sup>3</sup> , не более	100	300	900
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,05		
Давление насыщенных паров, кПа (мм рт. ст.), не более	66,7(500)		
Массовая доля органических хлоридов во фракции, выкипающей до температуры 204 <sup>0</sup> С, млн. <sup>-1</sup> ( <i>ppm</i> ), не более	10	10	10

Физико-химические свойства парафинистых нефтей России представлены в таблица 3[6].

Таблица 3– Физико-химические свойства парафинистых нефтей России

Параметры	Среднее значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,84
Вязкость, мм <sup>2</sup> /	16,40
Массовое содержание, %:	
серы	0,53
смола	5,78
асфальтенов	1,13
Температура пласта, °С	77,32
Пластовое давление, мПа	27,26

## 1.2 Общее описание технологического процесса

Весь перечень технологических процессов в УПН представляет собой совокупность технических средств и оборудования, который сообщается трубопроводами.

Подготовки нефти проводятся на УПН, весь процесс можно представить в виде схемы, которая приведена на рисунке 1.

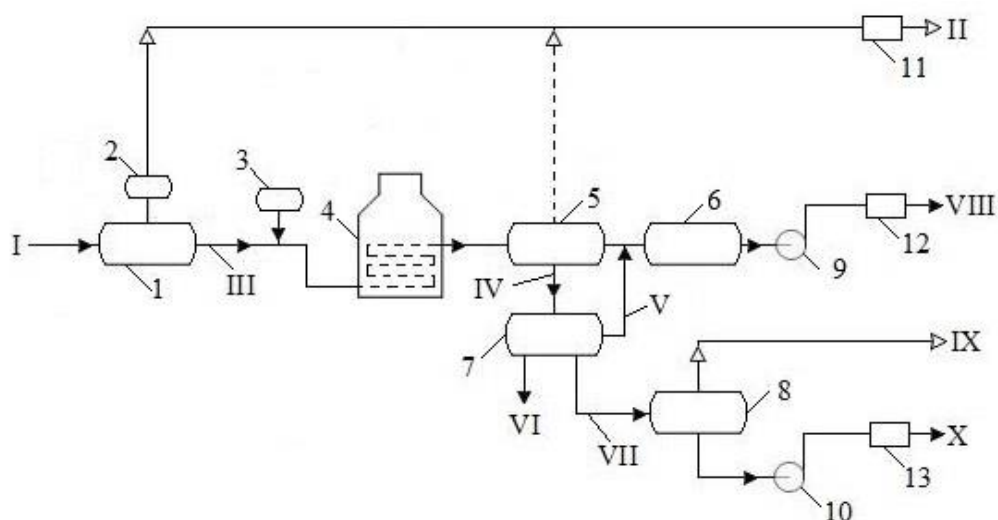


Рисунок 1 – Установка подготовки нефти

На рисунке 1 показаны потоки: I – пластовая нефть; II – попутный нефтяной газ; III – нефть после первой ступени сепарации; IV – пластовая вода; V – нефть из отстойника; VI – механические примеси; VII – очищенная пластовая вода; VIII – нефть на цех подготовки и перекачки нефти; IX – газ на факел; X – вода на кустовую насосную станцию.

Для подготовки нефти используются: 1 – сепаратор первой ступени сепарации; 2 – каплеуловитель (газосепаратор); 3 – блок дозирования деэмульгатора; 4 – трубчатая печь; 5 – трёхфазный сепаратор; 6 – отстойник для обезвоживания нефти; 7 – отстойник пластовой воды; 8 – дегазатор; 9, 10 – насосы; 11 – узел учёта попутного нефтяного газа; 12 – узел учёта нефти; 13 – узел учёта пластовой воды.

После подмешивания к нефти деэмульгатора, нефтепродукт поступает в печь для подогрева, в следствии чего разность плотностей нефти и воды увеличивается, а вязкость нефти уменьшается – что позволяет ускорить процесс расслоения.

После подогрева нефть поступает в трёхфазный сепаратор, нефтепродукт представляет собой смесь из нефти, воды и газа. Нефть имеет более низкую плотностью, поэтому она поднимается на поверхность водяной фазы. В ходе процесса также происходит отделение попутного газа, который направляется в газовую секцию и, далее, в узел учёта попутного нефтяного газа.

### **1.3 Общие сведения о сепараторах**

Процесс дегазация нефти используется при отделении газа от жидкости (нефти). Устройство, обеспечивающее разделение, называется сепаратором, и этот процесс называется сепаратором.

Сепараторы классифицируются на «двухфазные», если они отделяют газ от общего потока жидкости и «трехфазный», если они также отделяют поток жидкости, нефть и природный газ.

Процесс сепарации осуществляется в несколько этапов, и чем больше этапов, тем больше получается на выходе подготовленной нефти из того же количества сырой нефти. Однако, при увеличении количества сепараторов растут и затраты. Таким образом, количество шагов сепарации обычно ограничено двумя или тремя.

Классификация сепараторов представлена на рисунке 2.

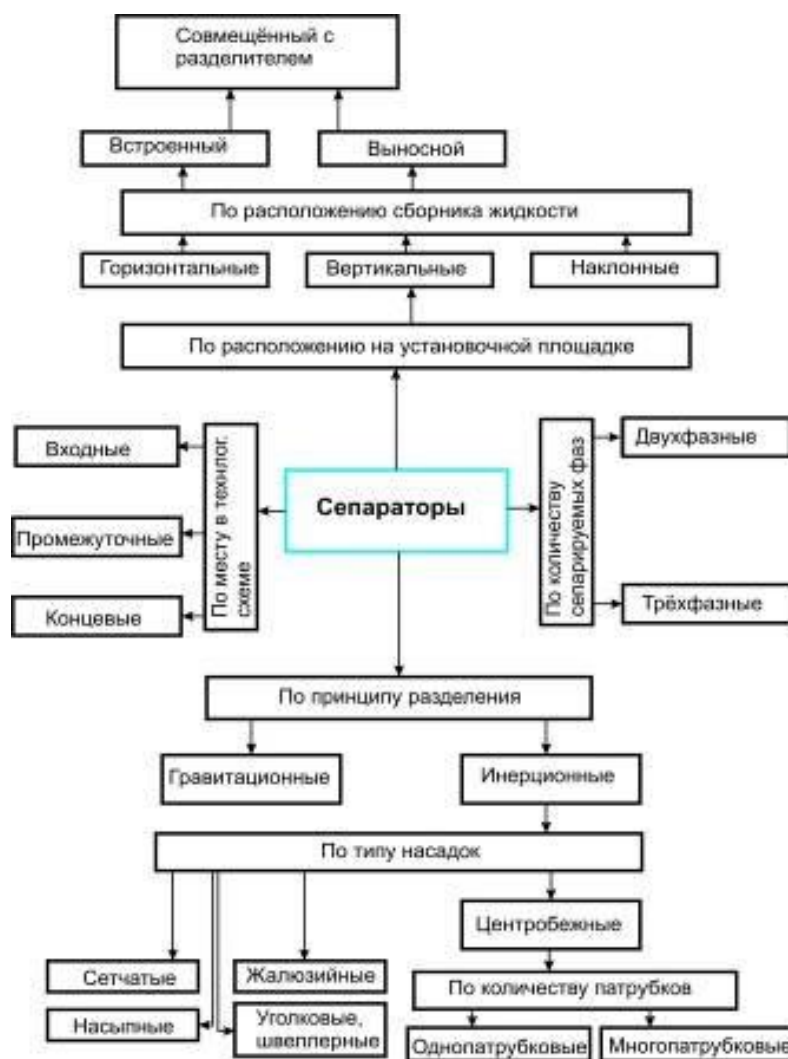


Рисунок 2 – Классификация сепараторов

Горизонтальный сепаратор обычно используется в условиях высокого давления и среднего давления. Вертикальный сепаратор используется для обслуживания при низком давлении (как правило). Сферический сепаратор используется при ограниченном пространстве малоразмерных удаленных платформ.

### **1.3.1 Преимущества и недостатки различных типов сепараторов**

Сепаратор вертикального типа обладает нечувствительностью к колебаниям уровня жидкости, что позволяет использовать более простые средства для его регулирования. Поэтому их применяют, где происходят пульсации потока. Очистка сепараторов данного типа более проста, поэтому вертикальные сепараторы используют, когда в нефтепродукции скважин содержится песок [6, 7, 8].

Сепаратор горизонтального типа имеет большую производительность по газу больше, чем аналогичный вертикальный. При увеличении длины сепаратора повышается его производительность. При поступлении «сырой» нефти с кустов в сепаратор происходит осаждение крупных капель пластовой воды еще на начальных этапах прохождения нефти по технологической ёмкости. По продвижению «сырой» нефти до конца сепаратора от нее будет отделять пластовая вода меньших диаметров. В зависимости от длины технологической емкости будет зависеть диаметры капель воды на выходе из сепаратора. Больше длина – меньше диаметры. В техническом обслуживании горизонтальные сепараторы проще, чем вертикальные [6, 7, 8].

После проведенного анализа литературы можно сделать вывод о том, что используемые газонефтяные сепараторы имеют некоторые недостатки, основной из которых являются громоздкость, большой удельный вес и высокие капитальные затраты. Еще одной важной проблемой во всех видах

традиционных сепараторов является ухудшение качества сепарации в холодное время года.

Потому актуальной задачей является повышение производительности горизонтального трехфазного нефтегазового сепаратора по нефти, при сохранении габаритных размеров.

## **Глава 2. Процессы обезвоживания и обессоливания нефти как объект автоматического управления**

Обезвоживание нефти – это процесс отделение воды от нефти, он обычно осложнен тем, что нефть и вода взаимно не растворимы и при совместном движении, образуют стойкие эмульсии типа "вода в нефти". Суть обезвоживания нефти сводится к отделению и удалению воды из сырой нефти. Обезвоживание может проходить в одном из следующих технологических процессах: отстой нефти: гравитационный, горячий; термохимические методы; электрообессоливание; электрообезвоживание. Эти процессы обеспечивают укрупнение и осаждение капель воды [9,10].

Коалесценция – это процесс укрупнения мелких капель при их слипании, которое способствует разделению эмульсии "вода в нефти" [8,9,10].

При истощении месторождений и ухудшению технологических свойств степень важности обезвоживания непрерывно увеличивается. При эксплуатации обводненных нефтяных скважин способы обезвоживания усложняются.

Также обезвоживание нефти положительно влияет для охраны окружающей среды, поскольку выделяемая при добычи нефти вода закачивается обратно в горизонт для сохранения пластового давления, что позволяет сократить использование для этих целей пресной воды.

Обессоливание нефти – это процесс отделение минеральных солей из нефти, минеральные соли находятся в растворенном состоянии в пластовой воде. Для понижения процента солей в обезвоженную нефть добавляют пресную воду, вследствие чего образуется эмульсия "вода в нефти", которую повторно обезвоживают. Последовательность таких операций трактуется тем, что обезвоженная нефть содержит некоторое количество воды, в которой и

растворены соли. Все соли содержатся в воде и при добавлении чистой, пресной воды, процентное соотношение соли в нефти ко всему объему уменьшается. Процесс обессоливания должен снизить процент содержание солей в нефти менее 0.1 %.

Обессоливание нефти применяется с целью снижения содержания солей, высокое содержание которых, способствует появлению отложений, которые необходимо регулярно удалять, что уменьшает коэффициент теплопередачи, и вызывает коррозию оборудования при перекачки нефти.

## **2.1 Водонефтяные эмульсии и их свойства**

При извлечении нефти из пласта и движении по промысловым трубопроводам, происходит постоянное перемешивание смеси нефти и воды с образованием водонефтяной эмульсии. Водонефтяная эмульсия – механическая смесь нерастворимых друг в друге жидкостей, одна из которых диспергируется в виде мелких капель. Для получения чистой нефти водонефтяная эмульсия подвергается различным процессам для коалесценции, снижению вязкости, что приводит к увеличению разности плотности фаз с дальнейшим расслоением. Разделения различных нефтяных эмульсий типа "вода в нефти" без внешнего вмешательства может занимать достаточно много времени. Существуют эмульсии, для которых расслоение занимает годы [12]. Но в большинстве случаях, осуществляется частичное расслоение с образованием эмульсионной пленки между слоями воды и нефти [9,11].

Существуют следующие типы эмульсий:

1. Прямые эмульсии. Эмульсии, в которых капли нефти, являются дисперсной фазой и находятся в воде – дисперсионной среде. Это эмульсии «нефть в воде» и обозначаются Н/В.



2. Обратные эмульсии. Эмульсии, в которых капли воды – дисперсная фаза и находятся в нефти, которая для них является дисперсионной средой. Это эмульсии «вода в нефти» и обозначаются В/Н.

3. Множественная эмульсия. В данном типе эмульсии существуют сравнительно крупные капли воды, в которых располагаются мелкие частицы нефти, или наоборот в крупных каплях нефти находятся мелкие частицы воды [11].

Примеры представлены на рисунке 3.

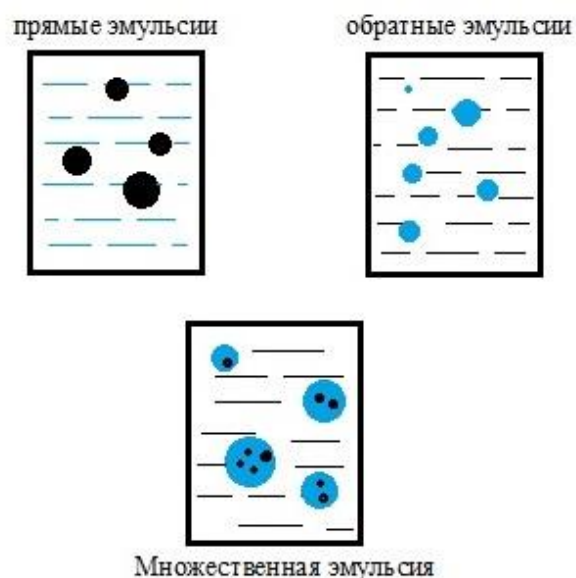


Рисунок 3 – Типы эмульсий

Множественная эмульсия обычно может содержать более высокое содержание механических примесей. Эмульсии данного типа плохо подвержены расслоению.

В зависимости от ряда параметров таких как: соотношения объемов фаз, температуры, поверхностного натяжения будет зависеть типы образовавшийся эмульсии.

Эмульсии могут быть двух типов: прямые или обратные. Чтобы определить тип эмульсии существует [9] «отношение меры способности системы к обращению фаз»:

$$\beta = \frac{\tau_{12}}{\tau_{21}}, \quad (1)$$

где:  $\tau_{12}$  – время «жизни» капель нефти в воде;

$\tau_{21}$  – время «жизни» капель воды в нефти.

При значениях  $\beta > 1$  существуют эмульсии прямого типа (Нефть/Вода), а при  $\beta < 1$ , эмульсии обратного типа Вода/Нефть,  $\beta = 1$  встречаются крайне редко.

На переход эмульсии в другой тип может повлиять изменение соотношения объёмов фаз. Что способствует изменению концентрации эмульсии, то есть способность системы к образованию эмульсии типа Н/В возрастает с повышением величины  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{\tau_{12}V_2}{\tau_{21}V_1}, \quad (2)$$

где:  $V_1$  – объём водной фазы;

$V_2$  – объём нефтяной фазы.

Все эмульсии для расслоения должны пройти три стадии:

- Столкновение частиц воды.
- Коагуляция частиц.
- Осаждение капель.

Методы, используемые для разрушения водонефтяных эмульсий:

- Гравитационное холодное разделение.

- Внутритрубная деэмульсация.
- Термическое воздействие.
- Термохимическое воздействие.
- Электрическое воздействие.
- Фильтрация.
- Поле центробежных сил [7].

Метод гравитационное холодное разделение. Этот метод используется при расслоении эмульсий с высоким содержанием воды. Разделение эмульсий проходит в отстойниках, которые бывают периодического и непрерывного действия. Разделение эмульсий в отстойниках периодического действия требует большого времени и проходит в сырьевых резервуарах. Разделение воды от эмульсий в отстойниках непрерывного действия проходит при постоянном движении сырой нефти через отстойник. Длина, которого зависит от условия, что в сырой нефти должны выделиться капли определенного диаметра [7, 9].

Метод внутритрубной деэмульсации. Его суть заключается в добавлении деэмульгатор к сырой нефти. Деэмульгатор способствует разрушению бронирующих оболочек, расположенных на поверхности капель воды, что способствует укрупнению капель [6]. В процессе коалесценции происходит быстрое разделение из-за разности плотностей фаз. Деэмульгаторы группируются на разделе фаз "нефть-вода" и замещают менее поверхностно-активные естественные эмульгаторы, находящиеся в воде [7-11].

Осуществления подбора деэмульгатора, который должен обеспечить высоко эффективность коалесценции для конкретной водонефтяной эмульсии осуществляют эмпирически. Выбор основывается на: способе добычи и

подготовки нефти, физико-химическом составе, проценте обводненности и соли – что является отличным на месторождениях [13, 14].

Помимо этого, проблема выбора оптимального деэмульгатора и его объем возникает вследствие роста обводненности нефти, из-за постоянной подачи воды для сохранения пластового давления, и изменения состава стабилизаторов водонефтяной эмульсии. На различных месторождениях объём подачи деэмульгатора варьируется, в среднем в количестве 15 ... 20 г на тонну эмульсии.

Метод термическое воздействие сводится к тому, что нефть перед отстаиванием нагревают. При нагревании водонефтяная эмульсия, уменьшает прочность бронирующих оболочек на поверхности капель – значит, увеличивая коалесценцию капель при этом также уменьшается вязкость нефти, что увеличивает скорость разделения эмульсии [9-11]. На различных месторождениях температура подогрева варьируется, в среднем эмульсию теплообменниках и трубчатых печах до температуры 45 ... 80 °С.

Термохимический метод. Его суть сводится к сочетания термического воздействия и внутритрубной деэмульсации. За счет совместного применения увеличивается эффективность и скорость химического обезвоживания, вследствие уменьшения вязкости нефти, которое происходит под влиянием повышения температуры, которое упрощает коалесценцию капель [8,9,12].

Электрическое воздействие. Данный метод применяется в специальных аппаратах – электродегидраторах. Где на противоположных каплях воды в эмульсии возникают разноименные электрические заряды. Что обеспечивает коагуляцию капель и дальнейшее оседание воды [8,9].

Метод фильтрации. Данный метод может быть успешен, применён только для нестойких эмульсий. Материалом для фильтров в данном методе

используются материалы, которые смачиваются (пропускают) нефть и не смачиваются водой. Вследствие чего нефть проходит через фильтр, вода остается [10-13].

Поле центробежных сил. Данный метод применяется в специальных аппаратах – в центрифугах. Из-за разных плотностей вода и нефть разделяются под действием сил инерции [8-13].

Таблица А.4 со сравнительной характеристикой методов разрушения эмульсий представлена в приложении А.

## 2.2 Технологические процессы обезвоживания и обессоливания нефти как объекты управления

Оборудование для процессов обезвоживания и обессоливания нефти может быть представлено в виде совокупности устройств: отстойника нефти и воды, нефтегазосепараторов, теплообменников, блока подачи деэмульгатора и т.п.

Горизонтальный газонефтяной сепаратор (см. рисунок 4) представляет собой горизонтальную цилиндрическую емкость.

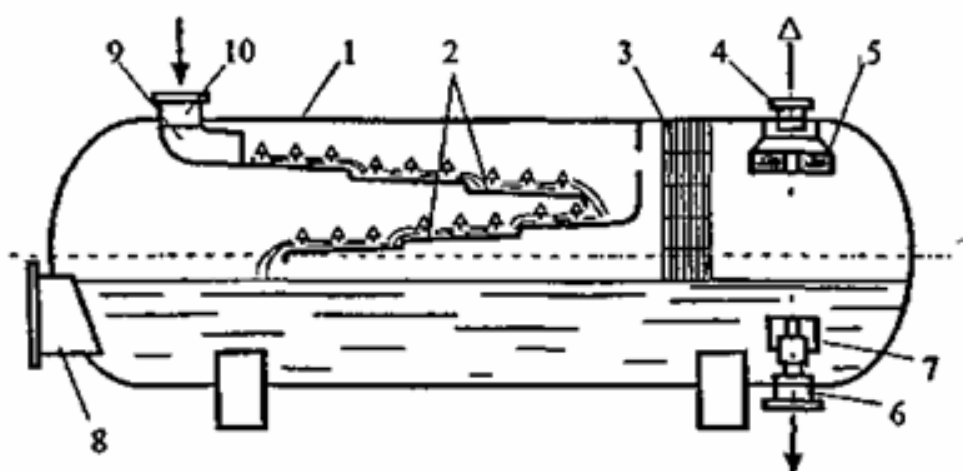


Рисунок 4 – Горизонтальный газонефтяной сепаратор

1 — технологическая емкость; 2 — наклонные желоба; 3 — пеногаситель; 4 — выход газа, 5 — каплеуловитель; 6 — выход «подготовленной» нефти; 7 — устройство для предотвращения образования воронки; 8 — люк-лаз; 9 — распределительное устройство; 10 — ввод продукции

Принцип работы сепаратор. Газожидкостная смеси через патрубок 10 и распределительное устройство 9 попадает на наклонные полки 2, где происходит выделение свободного газа, а остальная дегазированная нефть попадает в нижнюю часть сепаратора. Освободившийся газ собирается в верхней части сепаратора и проходит пенагаситель 3 и проходит устройство улавливания капельной жидкости — каплеуловитель 5 и выводится через штуцер вывода газа 4. Дегазированная нефть выводится из сепаратора через штуцер 6.

Теплообменники.

Трубчатая печь типа ПТБ-10 (см. рисунок 5) используется для подогрева нефти на промысловой подготовке. «Сырая» нефть движется по змеевикам и получает тепло от продукта сгорания топливного газа, сжигаемого в камерах сгорания и поступающего в пространство теплообменной камеры.

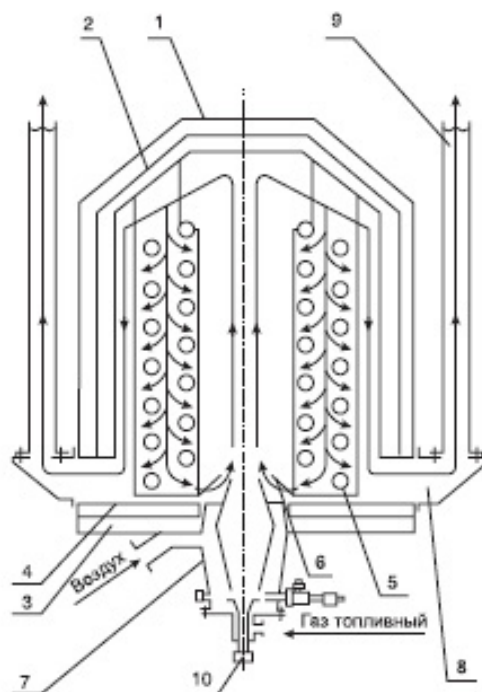


Рисунок 5 – Схема теплообменной камеры

1 — каркас; 2 — внешняя обшивка; 3 —тепловая изоляция; 4 — обшивка внутренняя; 5 — змеевик; 6 — направляющая дефлектора; 7— камера сгорания; 8 — блок взрывных клапанов; 9 — труба дымовая; 10— устройство контроля пламени.

Количество теплообменных аппаратов на предприятиях переработки может варьироваться от 2 до 1250 аппаратов, но в основном их число зависит от двух главных факторов:

1. Количество скважин на участке добычи нефти.
2. Свойства самой нефти.

В среднем, на одном предприятии по нефтепереработки используется 406 теплообменных аппаратов. На небольших предприятиях количество теплообменников варьирует от 2 до 25 аппаратов. В средних компаниях – от 80 до 200 аппаратов и от 300 аппаратов до 700. И крупные предприятия по

первичной переработки нефти могут обслуживать более 800 теплообменных аппаратов.

Существует три принципиальных способов передачи тепла от одного теплоносителя к другому:

1. Теплопередача – заключается в переносе тепловой энергии при соприкосновении колеблющихся микрочастиц.
2. Излучение – это перенос энергии в виде электромагнитных волн, которые излучают тела.
3. Конвекция – осуществляется за счет перемещения и перемешивания частиц жидкости или газа.

В различных частях теплообменных аппаратов процесс теплообмена происходит по-разному и может сочетать все или несколько приведенных видов теплопередачи. Поэтому при расчете процесс теплопередачи рассматривают как единый.

### **2.3 Современное состояние проблемы разработки системы автоматического управления процессами обезвоживания и обессоливания нефти**

Проведя литературный анализ состояния и направлений развития технологических процессов подготовки нефти, можно разделить все научно-технические разработки на пять направлений:

1. Технологические и технические совершенствования.
2. Теоретические исследования методов разрушения эмульсий.
3. Исследование физических процессов разделения водонефтяных эмульсий.



4. Оптимизация, автоматизация и автоматическое управление процессами обезвоживания и обессоливания нефти.

Достижения, которые существуют в каждом из этих направлений можно увеличить путем использованию комплексного системного подхода к проблеме. Используя синергию этих областей можно достигнуть более высоких показателей производительности. В УПН, вне зависимости от ее технической компоновки, можно выделить основные подсистемы процесса обезвоживания и обессоливания нефти:

1. Дестабилизация эмульсии при помощи деэмульгаторов.
2. Обезвоживание эмульсии.
3. Смешение промывочной воды.
4. Обессоливание и разделение эмульсии.

Эти подсистемы классифицируются свойственной сложной комплексностью взаимосвязанных процессов. Также стоит отметить, что процессы: дестабилизации эмульсии, коагуляции, смешение с пластовой водой проходят не только в технологическом оборудовании, но и в трубопроводах. Вследствие этого на качество работы УПН ощутимое воздействие может оказывать не только технологический состав, но и их расположение, но и параметры трубопроводов.

## **2.4 Декомпозиция задачи разработки системы автоматического управления процессами обезвоживания и обессоливания нефти**

Представим декомпозицию процесса подготовки нефти в методологии IDEF. IDEF – является блочным моделированием, суть которого сводится к представлению процесса в виде совокупности блоков, которые показывают действия, происходящие в рассматриваемой системе.

В целом процесс подготовки нефти можно представить следующим образом.

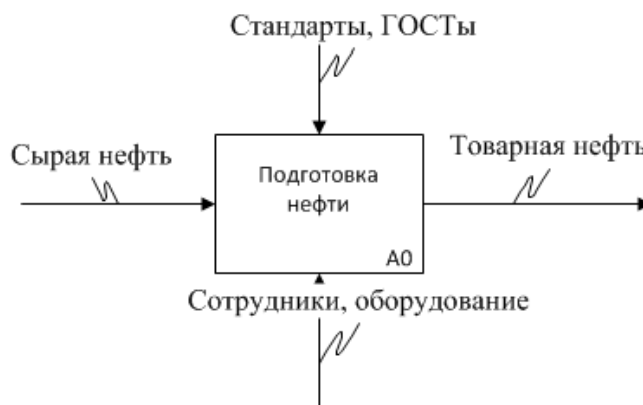


Рисунок 6 – Представление процесса подготовки нефти в IDEF0

Графическое представление процесса подготовки нефти в IDEF0 представляет собой следующую структуру (см. рисунок 6). Процессы представляются прямоугольниками, в котором все стороны имеют свой смысл:

- верхняя сторона – управление: правила, инструкции, набора необходимых стандартов;
- нижняя сторона – ресурсы исполнения: персонал, техника и/или оборудование, финансы;
- левая сторона – входы; сырье или информацию;
- правая сторона – выходы; продукция или информация, получаемая при результате работы.

Каждая из функций может быть расписана на составляющие, более глубокие уровни. Декомпозиция может повторяться настолько долго, пока не будет, осуществлена логическая завершенность процесс.

На втором уровне рассмотрена установка комплексной подготовки нефти рисунке 7 .

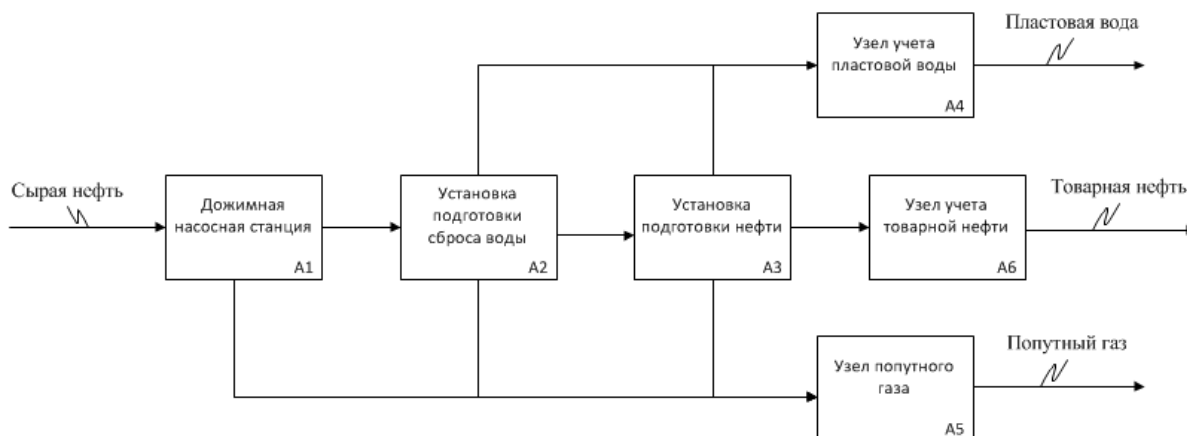


Рисунок 7 – Декомпозиция второго уровня

На третьем уровне рассмотрена модель процесса состоящая из блока подачи деэмульгатора, печи, сепаратора, контроля. На вход приходит сырая нефть, на выходе получается товарная нефть, пластовая вода и природный газ. Схема представлена на Рисунке 8.

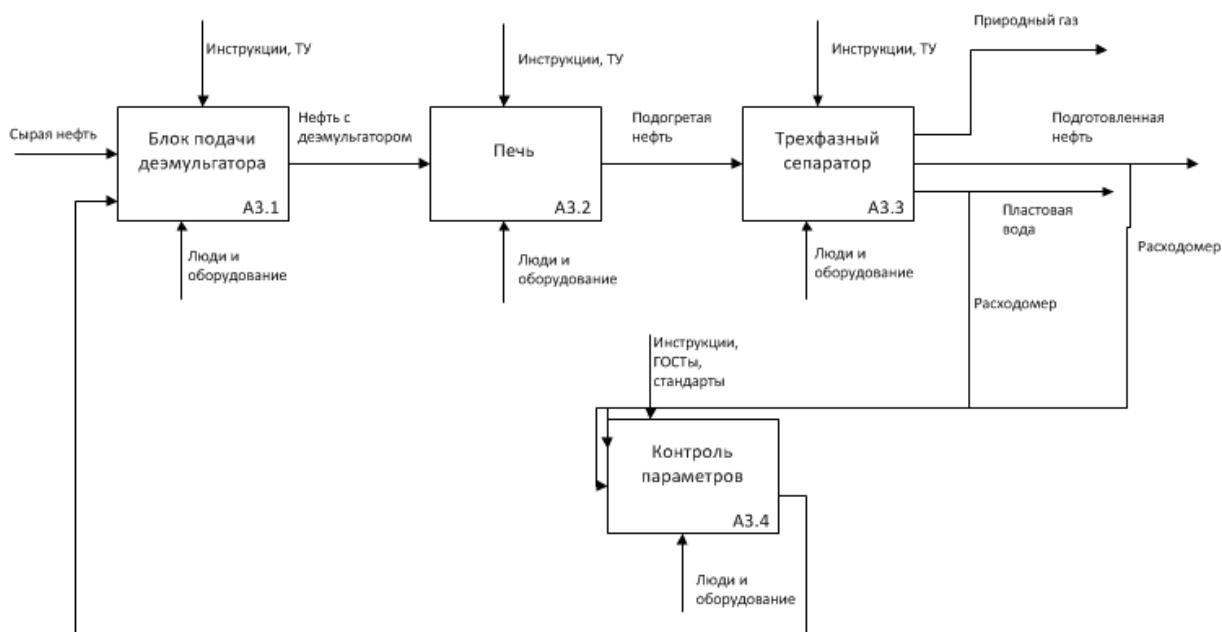


Рисунок 8 – Модель третьего уровня представления процесса

## **2.5 Концептуальные проектные решения интеграции автоматизированных систем**

Для повышения эффективности автоматических систем, за счет синергетического эффекта управлением процессами нужно применять интеграцию АС, что позволит более эффективно использовать информацию от отдельных подсистем. Применение интеграции АС позволит настроить взаимодействия отдельных подсистем.

В нефтегазовой отрасли разделяют два вида интеграции: горизонтальную и вертикальную.

Вертикальная интеграция заключается в объединении нескольких последовательных технологических и производственных процессов, которая должна обеспечить обмен данными в реальном масштабе времени от нижнего уровня (датчиков и контроллеров), до автоматизированных систем управления проектирования и производственной деятельностью в вычислительные сети предприятия в целом [17].

Горизонтальная интеграция заключается в объединении данных нескольких подсистем, на диспетчерском уровне управления. Что должно давать возможность более эффективно управлять производством и транспортированием нефтегазовой продукции [17].

Системы верхнего уровня работают объединенными данными на больших временных промежутках, а системы нижнего уровня имеют дело с большим потоком данных реального времени [17].

## 2.6 Математическая модель процесса деэмульгации нефти

Процесс осаждение частицы воды в водонефтяной эмульсии представлен на рис.9. Зависимость скорость осаждения от диаметра капли. Рассмотрим силы действующие на каплю воды (см. рисунок 9)

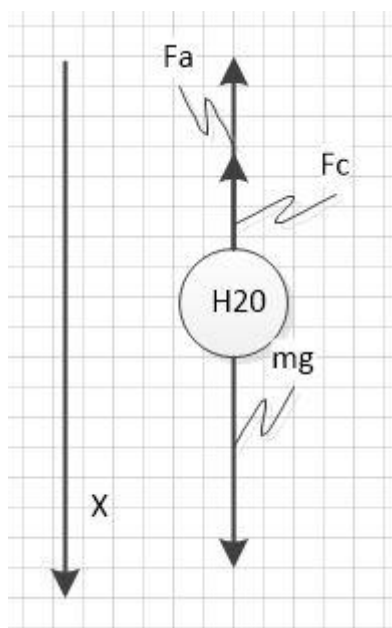


Рисунок 9 – Расстановка вектора сил, действующих на каплю

$$m \cdot \frac{dU}{dt} = \sum F_i, \quad (3)$$

$$U = const, \quad (4)$$

$$\frac{dU}{dt} = 0, \quad (5)$$

где  $m$  – масса частицы воды, кг;

$U$  – скорость движения частицы, м/с<sup>2</sup>;

$F_i$  – вектора сил, приложенные к частице.

Сила Архимеда:

$$F_a = \rho_v \cdot g \cdot V, \quad (6)$$

где  $\rho_v$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем частицы, м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Сила сопротивления:

$$F_c = C_d \cdot S_m \cdot \frac{\rho_n \cdot U^2}{2}, \quad (7)$$

где  $C_d$  – коэффициент сопротивления;

$S_m$  – площадь Миделева сечения тела, м<sup>2</sup>;

$\rho_n$  – плотность нефти, кг/м<sup>3</sup>.

Сила тяжести:

$$F_t = m \cdot g, \quad (8)$$

При  $R=0..1$

$$C_d = \frac{24}{Re}, \quad (9)$$

где  $Re$  – число Рейнольдса.

При  $R=1..700$  формула Аллена:

$$C_d = \frac{13}{\sqrt{Re}}, \quad (10)$$

$$Re = \frac{p_h \cdot D \cdot U}{\mu_{вяз}}, \quad (11)$$

где  $\mu_{вяз}$  – динамическая вязкость среды.

$$m = \frac{\pi \cdot D^2}{6} \cdot p_{\epsilon}, \quad (12)$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^3}{6}, \quad (13)$$

$$S_m = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (14)$$

$$F_c = F_t - F_a = m \cdot g - p_{\epsilon} \cdot g \cdot V = \dots = \frac{g \cdot \pi \cdot D^2}{6} \cdot (p_{\epsilon} - p_h), \quad (15)$$

$$U^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{D \cdot (p_{\epsilon} - p_h)}{C_d \cdot p_h}, \quad (16)$$

$$U = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{D \cdot (p_{\epsilon} - p_h)}{C_d \cdot p_h}}, \quad (17)$$

Рассмотрим при  $R=0..1$

$$U = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{D \cdot (p_{\epsilon} - p_h) \cdot Re}{24 \cdot p_h}}, \quad (18)$$

$$U = \frac{1}{18} \cdot \frac{D^2 \cdot (p_{\epsilon} - p_h)}{\mu_{вяз}}, \quad (19)$$

Рассмотрим при  $R=1..700$

$$U = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{D \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}}) \cdot \sqrt{\text{Re}}}{13 \cdot p_{\text{н}}}}, \quad (20)$$

$$U = \left(\frac{4}{39}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{D \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}})^{\frac{2}{3}}}{(\mu_{\text{вяз}} \cdot p_{\text{н}})^{\frac{1}{3}}}, \quad (21)$$

Учитывая эмпирическую формулу Пуазейла для динамической вязкости:

$$\mu_{\text{вяз}} = \frac{0.000183}{1 + 0.0337 \cdot T + 0.00221 \cdot T^2}, \quad (22)$$

Получим для  $R=0..1$

$$U = \frac{1}{18} \cdot \frac{D^2 \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}})}{\mu_{\text{вяз}}} = \frac{1}{0.003294} \cdot D^2 \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}}) \cdot (1 + 0.0337 \cdot T + 0.000221 \cdot T^2), \quad (23)$$

Получим для  $R=1..700$

$$U = \left(\frac{4}{39}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{D \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}})^{\frac{2}{3}}}{(\mu_{\text{вяз}} \cdot p_{\text{н}})^{\frac{1}{3}}} = \left(\frac{4}{39}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{D^2 \cdot (p_{\text{г}} - p_{\text{н}})^{\frac{2}{3}} \cdot (1 + 0.0337 \cdot T + 0.000221 \cdot T^2)}{(0.000183 \cdot p_{\text{н}})^{\frac{1}{3}}}, \quad (24)$$

Из этого вывода следует, что в зависимости от числа Рейнольдса, скорость осаждения зависит от диаметра капли и от температуры эмульсии. Обычно температуру подогрева эмульсии поддерживают постоянной в соответствии с регламентом технологии подготовки нефти.

Поскольку число Рейнольдса в сепараторе не превышает 1, при выборе режима подготовки нефти на УПН используется только первая формула (1), для  $\text{Re} = 0..1$ .

Средние значения диаметров капель в водонефтяной пленке могут составлять  $3-8 \cdot 10^{-6}$  м, а температура подогрева в печах варьируется от 60-



90°C. Средняя плотность нефти составляет  $800 \text{ кг/м}^3$ , а воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Далее приведены графики скорости осаждения капель воды: зависимости от диаметра капли при постоянной температуре, рисунок 10, и зависимость от температуры при постоянном диаметре капли, рисунок 11.

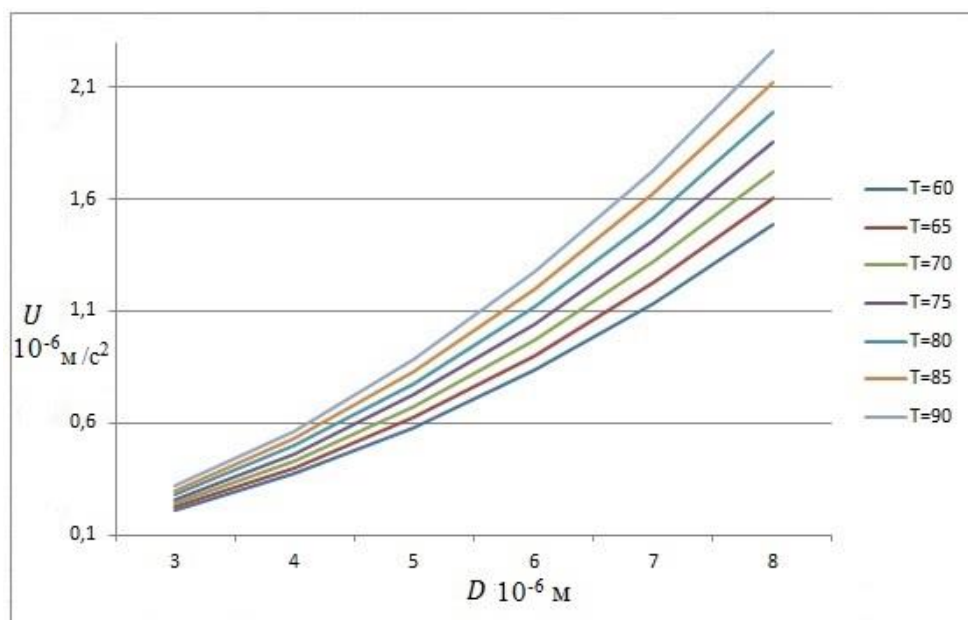


Рисунок 10 – Зависимость скорости осаждения капли воды при постоянной температуре

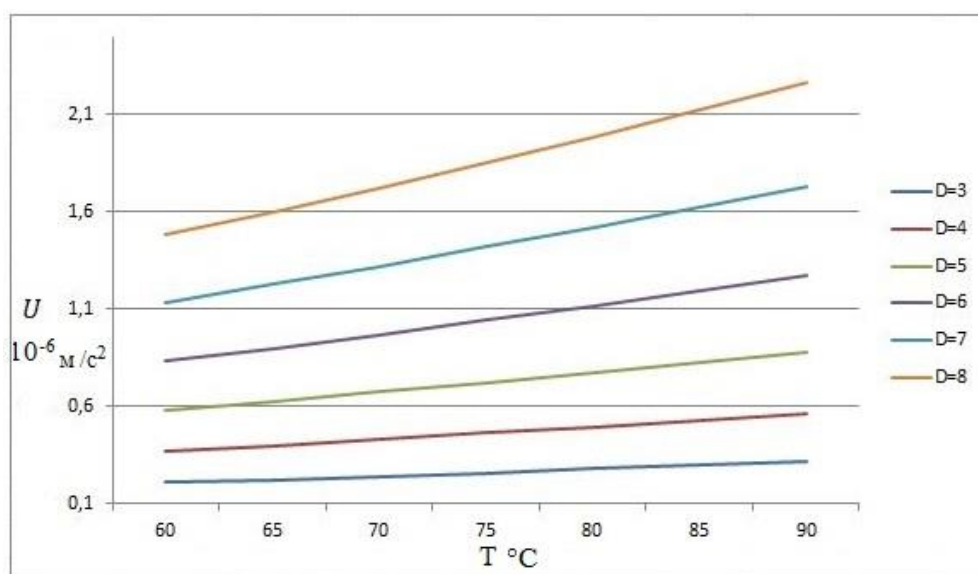


Рисунок 11 – Зависимость скорости осаждения капли воды при постоянном диаметре

Из зависимостей видно, что с увеличением диаметра от 3 до 8мкм при температуре 60°C скорость принимает значения от  $0,21 \cdot 10^{-6}$  до  $1,48 \cdot 10^{-6}$  м /с<sup>2</sup>, при температуре 90°C скорость от  $0,32 \cdot 10^{-6}$  до  $2,26 \cdot 10^{-6}$  м /с<sup>2</sup>. Откуда можно сделать вывод, что целесообразнее изменять диаметр капель воды путем добавления деэмульгаторов.

Для сравнения скорости осаждения без применения методов разрушения эмульсий приведена таблица 5.

Таблица 5 – Осаждение частиц воды без применения методов расслоения

Радиус, мкм	При естественном отстое
1	38 суток
10	10 часов
20	2.5 часа

### **Глава 3. Разработка системы автоматического управления процессом дестабилизации водонефтяных эмульсий**

АСУ ТП УПН предназначена для автоматизации управления технологическими процессами, для организации оперативного информационного контроля технологического режима работы аппаратов и установок УПН, увеличению эффективности технологических процессов УПН.

Задачей АСУ ТП УПН является повышение эффективности производства и качества выпускаемой продукции, а также обеспечение нового качества управляемости, особенно, если технологические процессы сложны и малейший сбой может привести к существенным экономическим потерям или создать опасную ситуацию. Также задачей автоматизации УКПН является в обеспечении оперативного автоматизированного контроля качества получаемой нефти, компьютерного контроля всех этапов подготовки нефти, контроля и управления технологическим оборудованием.

Функции:

1. Автоматический оперативный контроль и сбор информации о технологическом процессе.
2. Автоматическое измерение, предоставление оператору и регистрация значений технологических параметров и событий на объекте.
3. Визуализация технологического процесса, событий.
4. Противоаварийная защита и сигнализация аварийных событий.
5. Формирование отчетов и графиков по запросу, генерирование сводок и отчетов.
6. Диагностика состояния и работы технических средств системы.

Структура:

Система контроля и управления УПН представляет собой программно-аппаратный комплекс, в котором задачи контроля и управления технологическим процессом и оборудованием решаются на следующих уровнях иерархии:

К первичным средствам автоматизации, относятся: датчики, измерительные преобразователи, приборы местного контроля, исполнительные устройства. Основное назначение:

1. Изменение технологических параметров в информационные сигналы.
2. Изменение управляющих сигналов в управляющие воздействия.

Оборудование с локальными системами автоматизации (блоки дозировки реагента, путевые подогреватели, узлы учета нефти, газа и электроэнергии и т.п.).

Станции управления. Основное назначение:

1. Обеспечивают сбор и обработка информации.
2. Исполнение алгоритмов автоматического регулирования, программно-логического управления, защит и блокировок.
3. Обмен данными.
4. Реализация полученных команд.

Многофункциональный АРМ оператора. Основное назначение:

1. Сбор данных в режиме реального времени с объекта управления.
2. Объединение всех подсистем в единую информационно-управляющую систему.
3. Реализация функций человеко-машинного интерфейса.
4. Визуализация и мониторинг технологического процесса.
5. Управление технологическим процессом.

Сервер базы данных. Основное назначение:

1. Долговременное хранение информации и данных.
2. Доступ к архивной информации посредством стандартных средств баз данных.

В АСУ ТП используется обычно трехуровневая организация системы контроля и управления.

Первый уровень – возникновения информации. Данный уровень состоит из датчиков (первичные преобразователи) и исполнительных механизмов. Здесь формируется первичная информация, поступающая в систему АСУ ТП, а обратно возвращаются управляющие воздействия.

Второй уровень – контроль и управление технологическим процессом. Данный уровень осуществляет сбор данных и выдачу команд на нижний уровень. В качестве оборудования, здесь программируемые логические контроллеры, в качестве программного обеспечения - средства программирования этих контроллеров.

Третий уровень – уровень промышленного сервера, сетевого оборудования, уровень операторских и диспетчерских станций. Данный уровень осуществляет контроль, связь с нижними уровнями, сбор и визуализацию данных процесса. В качестве оборудования, здесь применяется SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) система.

### **3.1 Процесс дестабилизации водонефтяной эмульсии как объект управления.**

В процессе подготовке нефти необходимо найти для деэмульгатора оптимальной режим применения. Согласно теории каждый деэмульгатор

является эффективным относительно одной эмульсии, которая характеризуется: пропорцией фаз, размерами частиц, объемом эмульгатора с определенным составом [18-21]. Поэтому теоретически в процессе выработки деэмульгатор должен заменяться из-за изменения состава эмульсий и их физических свойств.

Следует выбрать деэмульгатор который обеспечит быстрое и глубокое обезвоживание нефти, при незначительном температурном подогреве и малом расходе [18-21].

К критериям эффективности деэмульгатора можно отнести:

1. Объем расхода.
2. Качество подготовленной нефти.
3. Эффективная температура.
4. Время отстоя нефти.
5. Качество деэмульгированной воды.

К деэмульгаторам предъявляются следующие требования:

1. Хорошую растворимость.
2. Поверхностную активность.
3. Невысокая цена.
4. Транспортабельными.
5. Сохранение характеристик, при температурных изменениях.
6. Не ухудшать качество нефти после обработки.
7. Применимость к различным эмульсиям.
8. Высокое быстрое действие.

### 3.2 Параметризация и идентификация закона управления процессом дестабилизации водонефтяной эмульсии

Структурная схема представлена на рисунке 12 и в Приложение Б.

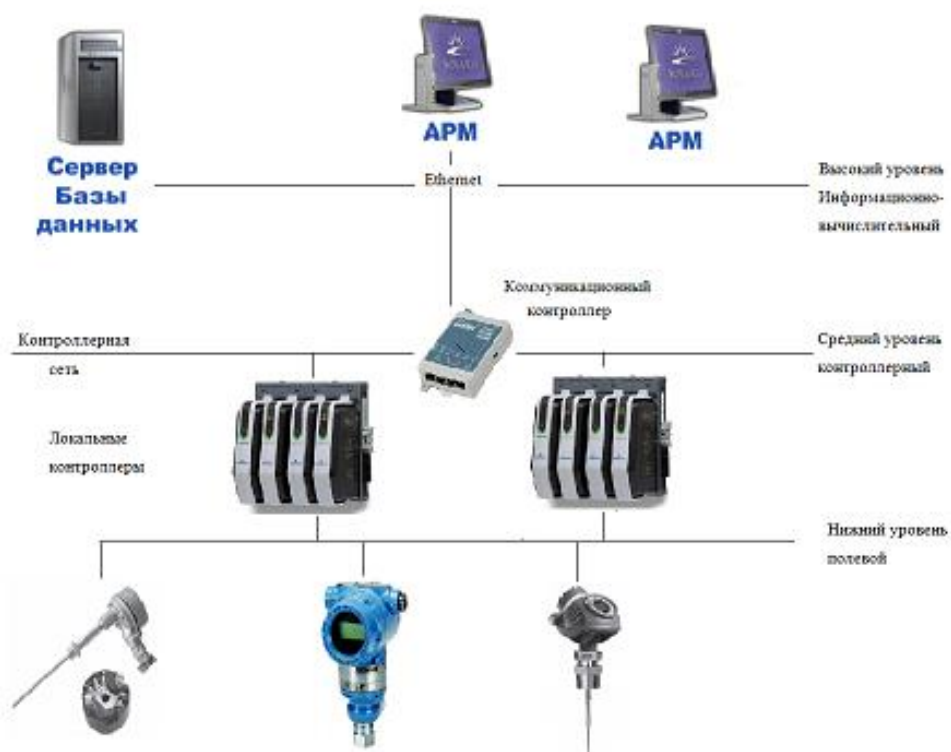


Рисунок 12 – Структурная схема

Как и большинство систем управления, она состоит из трёх уровней:

- Нижний уровень – датчики и исполнительные механизмы;
- Средний уровень – контроллеры, принимающие и обрабатывающие информацию с датчиков и выдающие управляющие сигналы исполнительным механизмам для регулирования параметров технологического процесса;
- Верхний уровень – автоматизированные рабочие места (АРМ) оператора, обеспечивающие сбор и хранение информации о технологическом

процессе, выдачу команд дистанционного управления и настройку параметров работы системы.

Функциональная сема выполнена, согласно требованиям ГОСТ 21.208-13 и приведена в приложении В. На объекте измеряются следующий параметры: уровень, температура, давление, процент открытия задвижек.

### 3.3 Система управления процессом дестабилизации водонефтяной эмульсии

На рисунке 13 показана структурная схема контура автоматизированного регулирования деэмульгатора, где коэффициенты преобразования установки подачи деэмульгатора и трубчатой печи представлены пропорциональными коэффициентами, а сепаратор описывается интегрирующим звеном с транспортной задержкой.

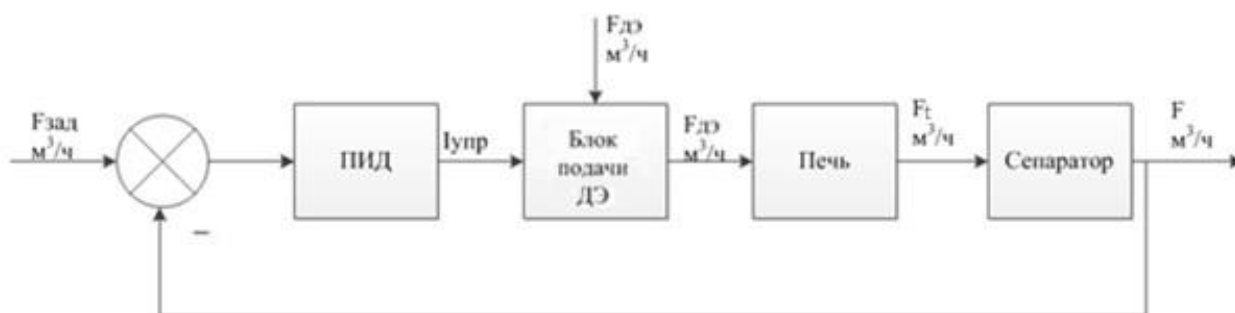


Рисунок 13 – Функциональная схема ПИД регулированием

Функциональная схема МРС регулирования представлена на рисунке 14.



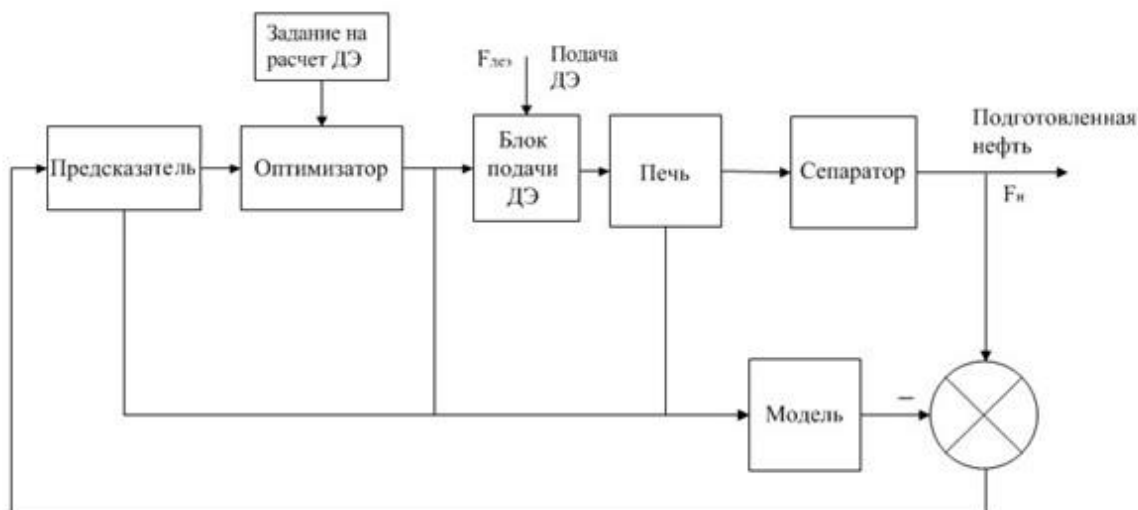


Рисунок 14 – Функциональная схема MPC регулированием

### 3.4 Декомпозиция задачи повышения эффективности процесса обезвоживания нефти

В процессе подготовки нефти необходимо регулировать расход подачи деэмульгатора и нужно регулировать его в ходе технологического процесса.

Далее приведем алгоритм регулирования расхода деэмульгатора путем изменения положения задвижки, который увеличить/ уменьшить объем подачи деэмульгатора. Алгоритм регулирования подачи деэмульгатора приведен в Приложение Г.

### 3.5 Выбор и обоснование алгоритма управления обезвоживанием нефти

Сложные алгоритмы автоматического регулирования в международной практике называются Advanced Process Control (APC). Под усовершенствованным управлением ТП принимают «набор математических и программно-алгоритмических средств направленных на повышение эффективности производства в результате добавления дополнительных

возможностей в существующую на технологическом объекте систему управления». Термин «усовершенствованное управление процессом» (APC) вошел в употребление после 60-ых годов прошлого столетия. Под ним понимался любой алгоритм или стратегия, которая отличалась от классического ПИД управления.

Advanced process control (APC) относится к методологии с широким набором методов и технологий, которые используются в промышленных системах управления технологическими процессами. Она применяется при необходимости и в дополнение к простейшим способам управления. В ряде практических случаев APC является приложением диспетчерского управления, которое координирует установленное регламентами количество параметров, чтобы осуществлять управление, близкое к эксплуатационным ограничениям и к наиболее благоприятному, экономичному режиму работы.

К самым известным типам APC относятся алгоритмы:

FF/FB (управление по возмущению/ управление по отклонению), Cascade (каскадное регулирование), Override (замещающее регулирование), Split-range control (двухдиапазонное «грубое-точное» регулирование), Model Predictive Control (управление с прогнозирующими моделями).

FF-FB регулирование. FF-прямая связь позволяет скомпенсировать изменчивость регулируемого параметра из-за возмущения быстрее, чем FB-обратная связь, которая должна обнаружить ошибку как разность между управляемой величиной и управляющим воздействием. Метод прямой связи позволяет скомпенсировать возмущение до того, как оно пройдет через объект, а это существенно увеличивает общее быстродействие системы и исключает потенциальную неустойчивость процесса [21,22]. Возможные возмущения, такие как изменения погодных условий, проявляются

небыстродействующим образом. В УПН не возникает необходимости быстрой корректировки.

Cascade регулирование. Регулирование содержащие два или больше контуров регулирования соединены так, чтобы выход одного регулятора корректировал уставку другого регулятора. С помощью настройки алгоритмов внутренних контуров регулирования ухудшения состояния ОУ, вызванные внутренними возмущениями в них, быстрее исправляются. Нежелательные эффекты транспортного запаздывания и временных задержек в системе управления уменьшаются [21,23,24]. Преимуществом cascade регулирование в обеспечения возможности управления процессом с несколькими задержками, которые нужно максимально быстрым корректировать.

Override control регулирование. При данном регулировании один регулятор обслуживает несколько контуров регулирования. Его использование обусловлено тем, что при нормальном режиме работы, управление осуществляется на основе измерений некоторого параметра процесса. При выходе из нормального режима работы (ненормальность) включается контур регулирования с измерением другого параметра процесса, который и осуществляет управление возникшей ненормальностью [21,23,24]. Override control относится к системе автоматического регулирования переменной структуры. В этом и является преимущество override control - осуществлении «умного выбора» структуры управления в определяющийся от состояния регулируемых параметров. Что дает повышение устойчивости при изменении условий технологического процесса.

Split-range control. С помощью регулирования с отдельными границами регулятор на основе измерений одного параметра объекта может обслуживать параллельно или последовательно несколько исполнительных устройств с различными принципами действия и различными

коэффициентами передачи. Часто с его использованием решаются задачи точного и грубого управления объектом путем реализации САР переменной структуры. Разделение области установки регулятора для верхнего и нижнего пределов выполняется с помощью одной или нескольких функций разделения границ [21,23,24]. Преимущество split-range control состоит в высокой точности регулирования в широком диапазоне изменения рабочих точек процесса. Что для УПН не представляется необходимым.

Все эти алгоритмы оказываются эффективными только в случае, когда есть знание параметров всех компонентов системы автоматического регулирования и при условии незначительных их изменений в процессе эксплуатации УПН.

Поэтому было принято решение использовать алгоритм Model Predictive Control (MPC).

MPC относится к классу алгоритмов компьютерного управления, которые используют явную модель процесса для прогнозирования будущей реакции модели. На каждом интервале управления алгоритм MPC пытается оптимизировать поведение в будущем модели и вычисляя последовательность будущих регулируемых переменных. MPC решает задачу оптимизации на каждом шаге вычисления, что позволяет поддерживать оптимальные для системы параметры в режиме реального времени. Использование MPC-регулирования позволяет учитывать транспортное запаздывание системы, дает возможность изменять критерии качества в ходе процесса функционирования объекта [20,25].

### **3.6 ПИД управление процессом обезвоживания нефти в целом**

Блок подачи деэмульгатора представляет собой двигатель, который механически связан с задвижкой, и выходной координатой является процент

открытия задвижки. Данное звено имеет следующую передаточную функцию [9, 12].

$$W(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1}, \quad (25)$$

Где: К-коэффициент усиления.

Т- постоянная времени.

Таблица 6 – Исходные данные

	К	Т
Блок подачи ДЭ	1.1	0.12
Печь	0.1	0.07

Для блока подачи деэмульгатора (далее задвижка) передаточная функция будет иметь вид:

$$W_3(p) = \frac{1.1}{0.12 \cdot p + 1}, \quad (26)$$

Для печи передаточную функцию примет вид:

$$W_n(p) = \frac{0.1}{0.07 \cdot p + 1}, \quad (27)$$

Передаточная функция [12] для сепаратора имеет вид (28), но ее можно представить в виде двух инерциальных звена первого порядка(29) и (30):

$$W_c(p) = \frac{8}{2 \cdot p^2 + 10.2 \cdot p + 1}, \quad (28)$$

$$W_{c1}(p) = \frac{10}{0.2 \cdot p + 1}, \quad (29)$$

$$W_{c2}(p) = \frac{0.8}{10 \cdot p + 1}, \quad (30)$$

Тогда получившиеся модель, и результат работы представлены на рисунках 15-16.

Функциональная схема автоматического регулирования деэмульгатора представлена на рисунке 15.

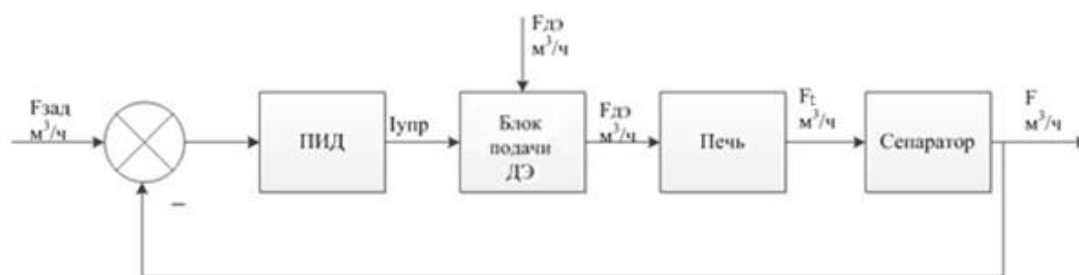


Рисунок 15 – Функциональная схема САР подачи деэмульгатора

Система состоит из ПИД-регулятора, блока подачи деэмульгатора, печи и сепаратора.

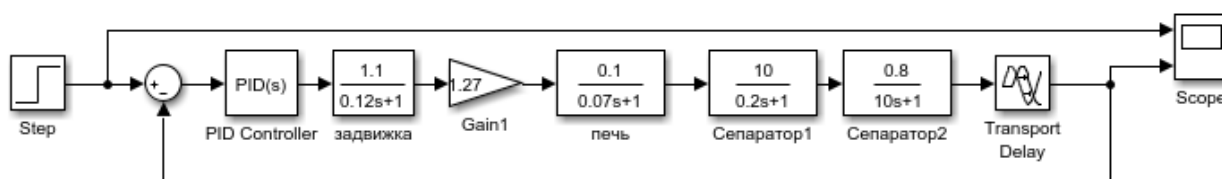


Рисунок 16 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

Объектом автоматизации является динамическая система обезвоживания нефти, характеристики которой изменяются под влиянием управляющих воздействий. Компьютерное моделирование проводилось с помощью программы Matlab, в приложение Simulink.

Коэффициенты для ПИД регулятора подобраны опытным путем.

Source:	<input type="text" value="internal"/>	<input type="checkbox"/> <a href="#">Compensator formula</a>
Proportional (P):	<input type="text" value="11.2788117742419"/>	$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$
Integral (I):	<input type="text" value="2.53705116165244"/>	
Derivative (D):	<input type="text" value="-0.0805751599233951"/>	
Filter coefficient (N):	<input type="text" value="139.978769945538"/>	
<input type="button" value="Tune..."/>		

Рисунок 17 – Коэффициенты ПИД регулятора

После моделирования исходной системы в Simulink получен следующий график переходного процесса, представленный на рисунке 18.

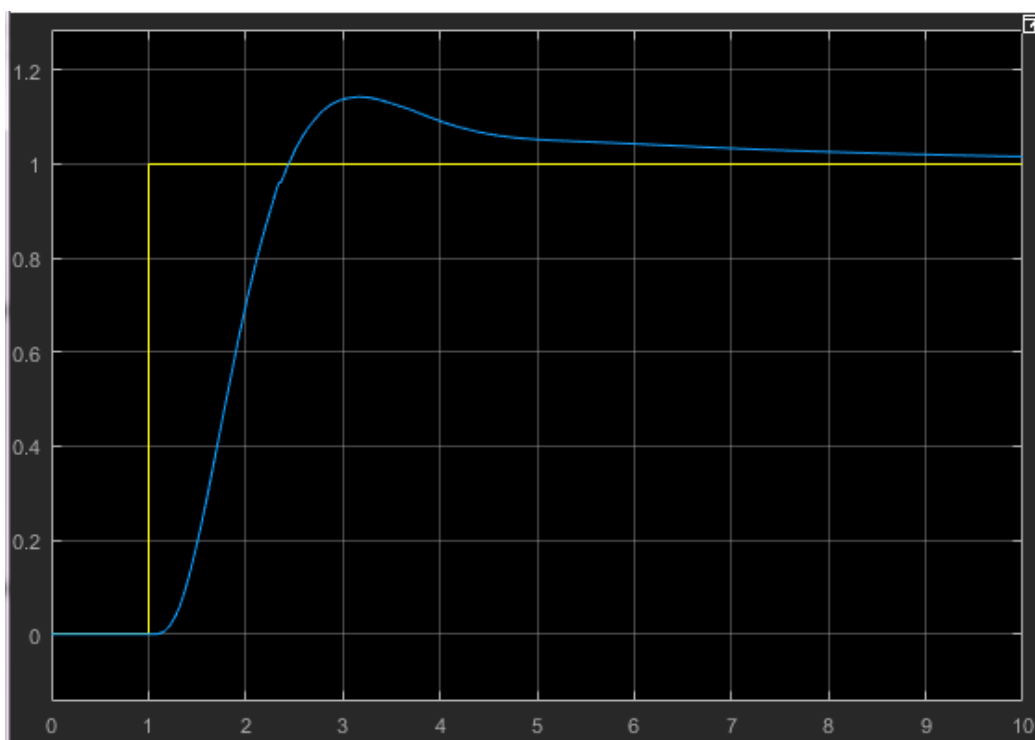


Рисунок 18 – График переходного процесса

Время переходного процесса 8 секунд, величина установившегося значения 1, перерегулирование ( $\sigma$ ) равно:

$$\sigma = \frac{|1.125 - 1|}{1} \cdot 100\% = 12.5\% , \quad (31)$$

Динамическая ошибка ( $\Delta_{дин}$ ):

$$\Delta_{дин} = 1.125 - 1 = 0.125 , \quad (32)$$

Проведем серию экспериментов, для проверки эффективности работы ПИД регулятора.

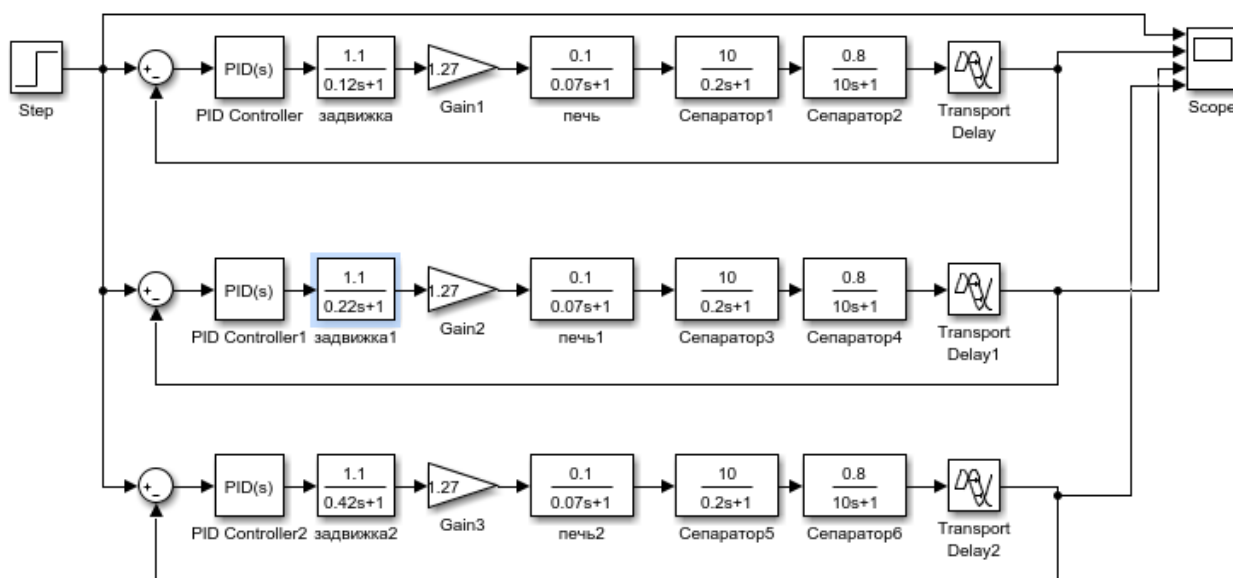


Рисунок 19 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти



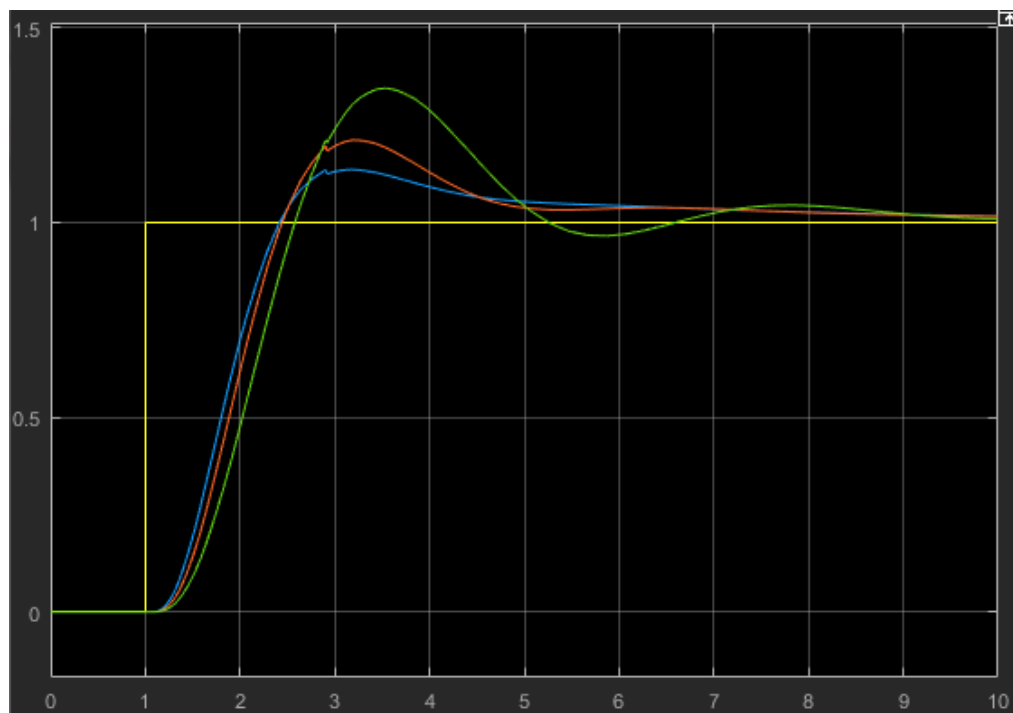


Рисунок 20– График переходного процесса

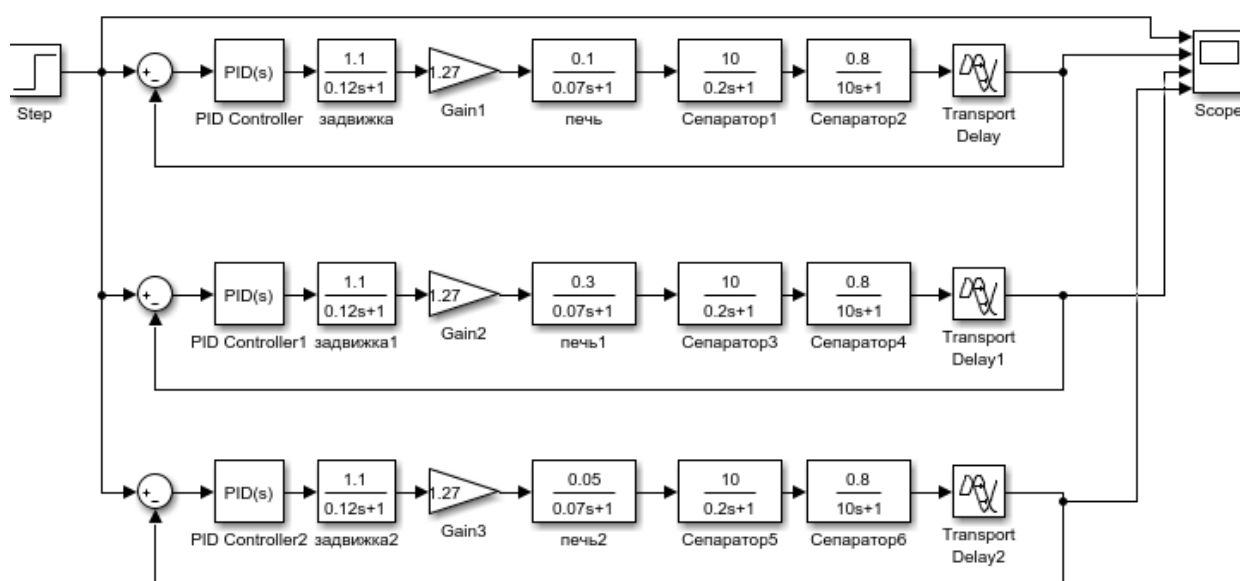


Рисунок 21 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

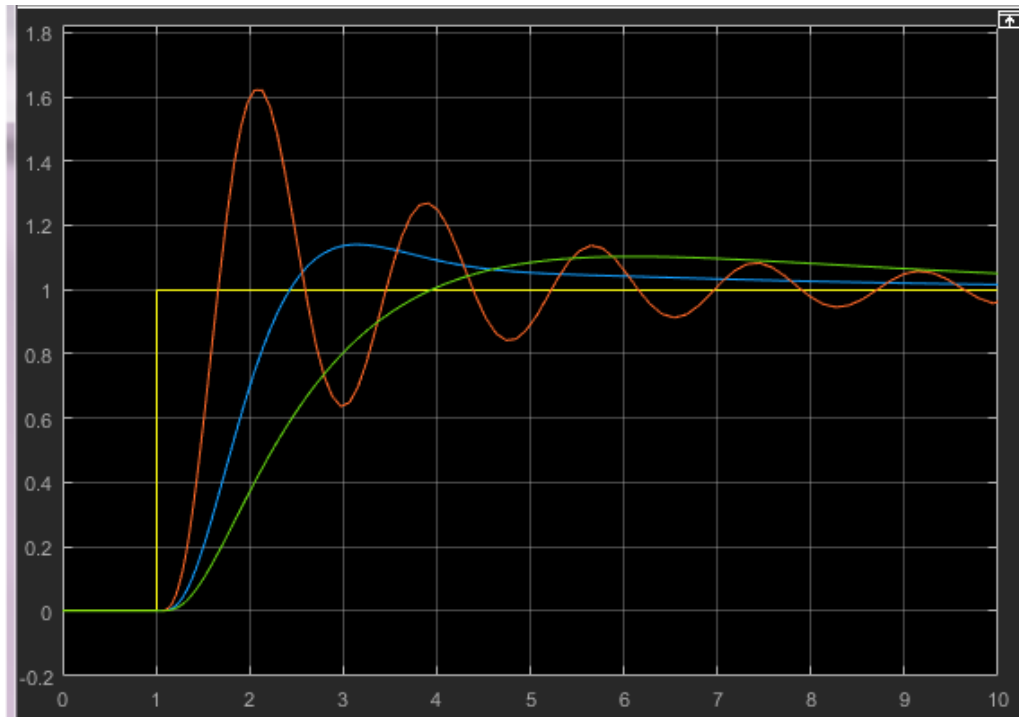


Рисунок 22 – График переходного процесса

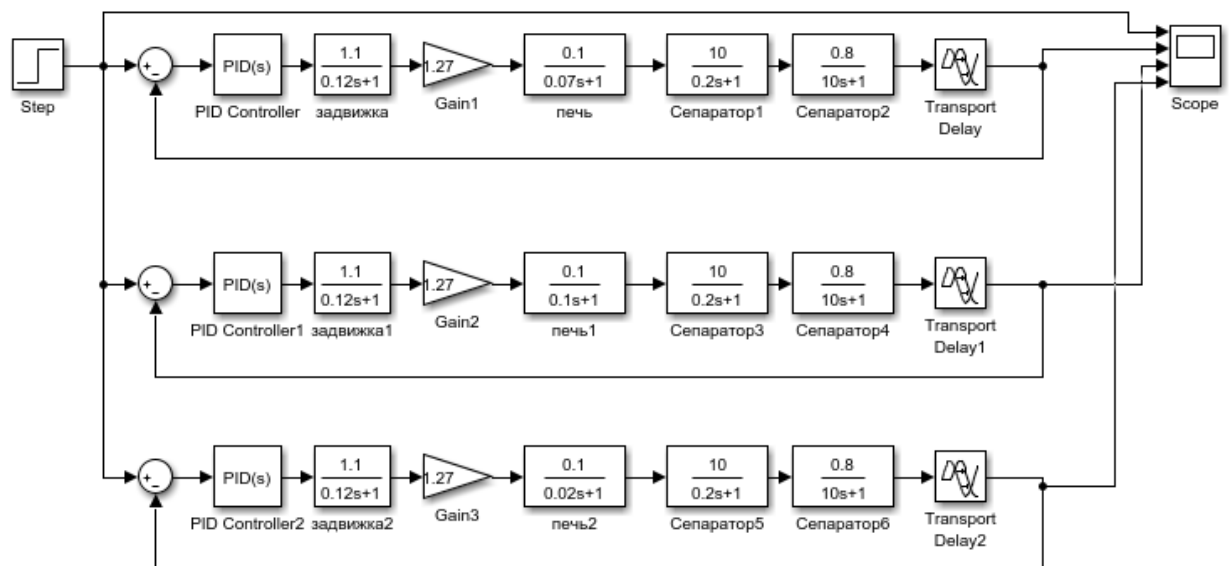


Рисунок 23 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

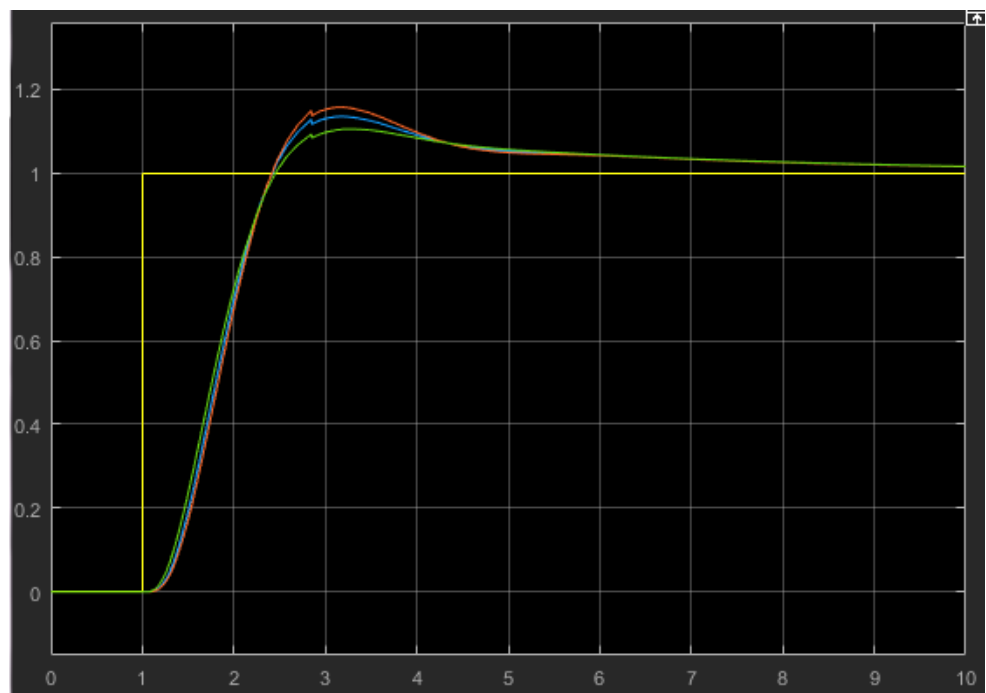


Рисунок 24 – График переходного процесса

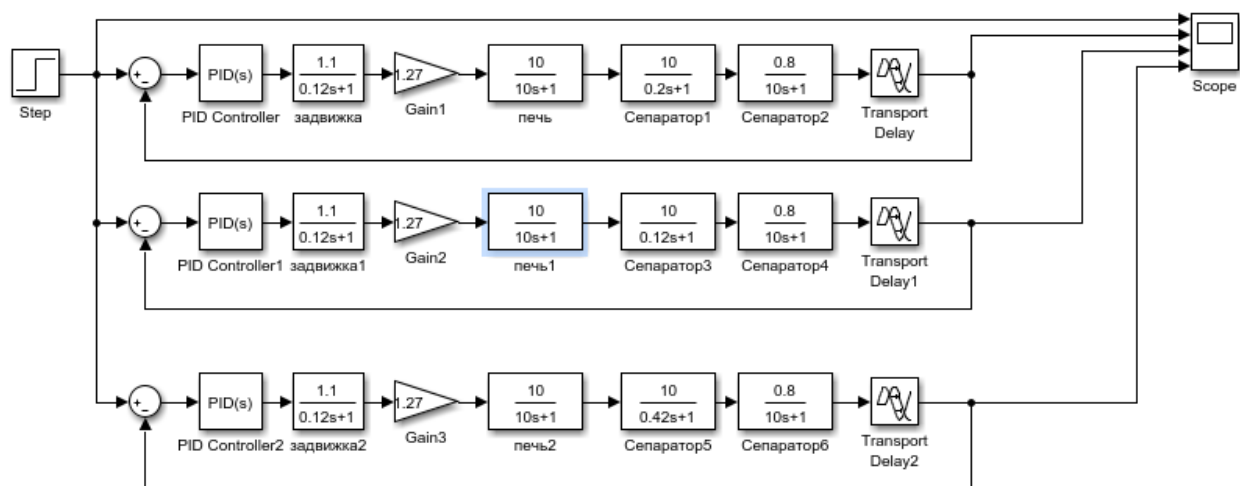


Рисунок 25 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

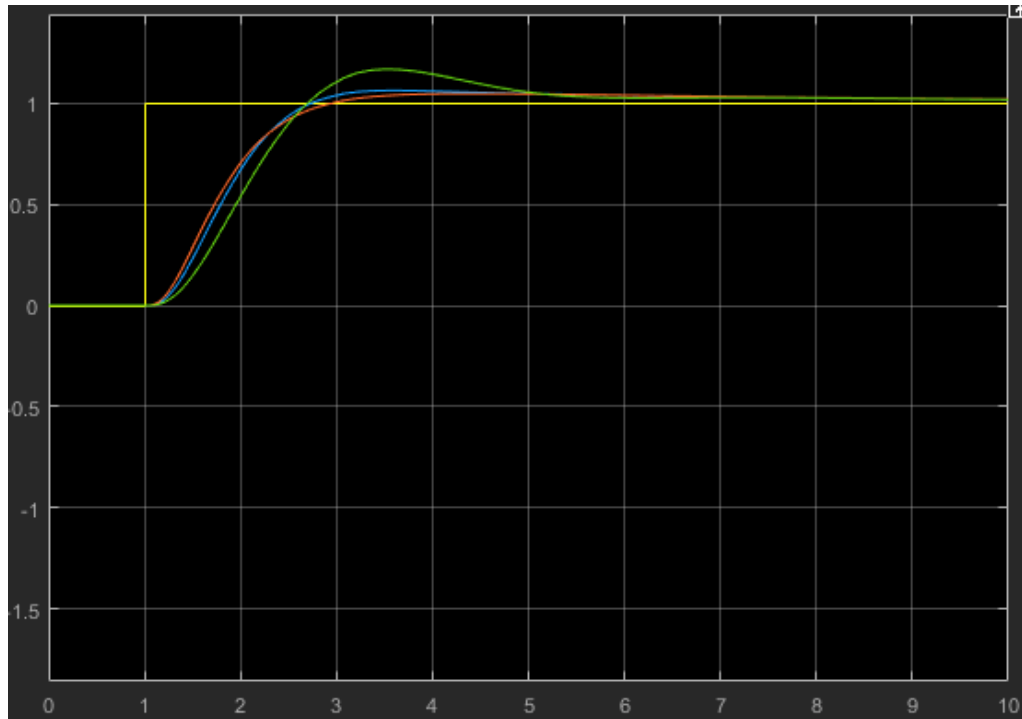


Рисунок 26 – График переходного процесса

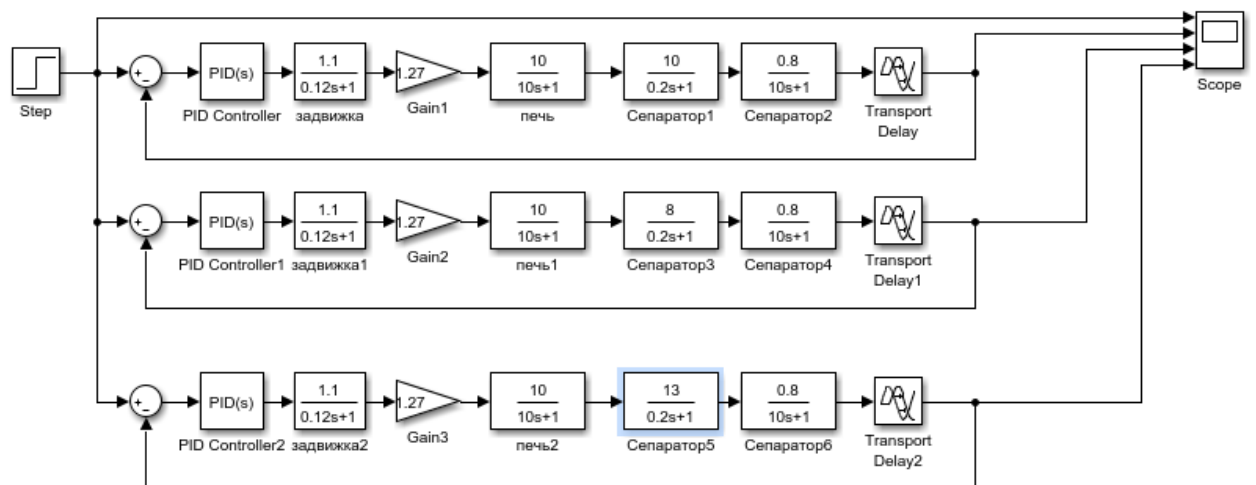


Рисунок 27 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

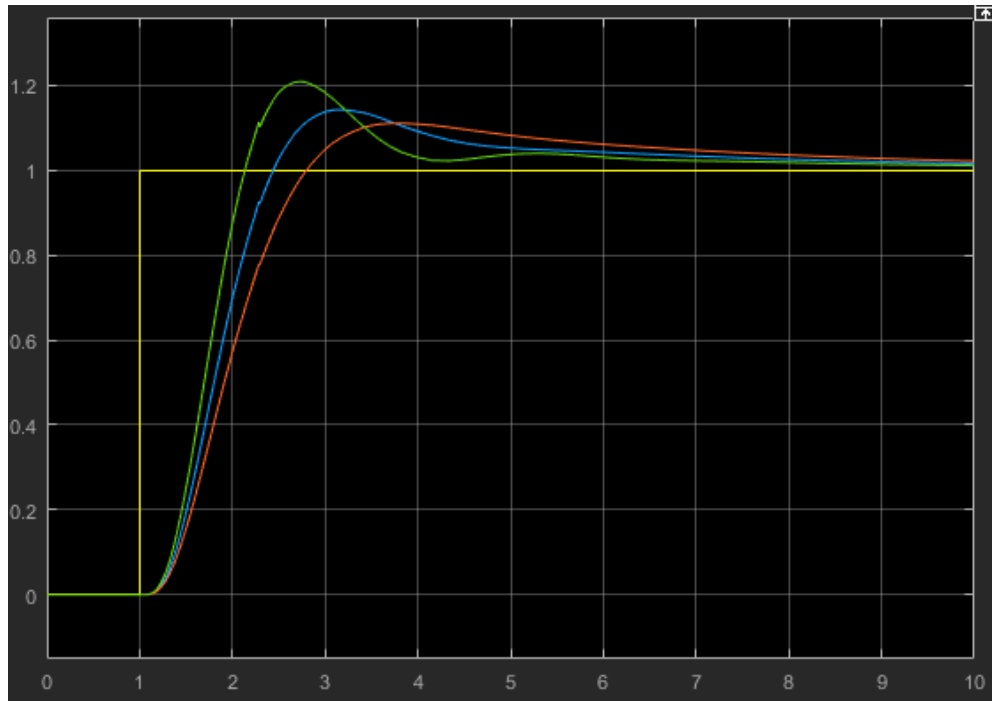


Рисунок 28 – График переходного процесса

### 3.7 МРС автоматического управления процессом обезвоживания нефти

Передаточная функция всего процесса имеет вид

$$W(p) = \frac{0.117}{0.2 \cdot p^4 + 32.48 \cdot p^3 + 106.24 \cdot p^2 + 30.34 \cdot p + 1}, \quad (33)$$

Корни этой функции будут: -8.59; -4.974; -0.107; -0.0934. Тогда его можно переписать:

$$W(p) = \frac{0.117}{(p^2 + 8.59 \cdot p + 0.85)(p^2 + 5.08 \cdot p + 0.531)}, \quad (34)$$

Используя функцию s2d получим матричные коэффициенты: А, В, С, D. Расчеты приведены на следующих рисунках 29-32.

```

G = tf(0.117,[2.4 32.48 106.224 30.34 1])
Gc = ss(G)
Gd = c2d(Gc,1)

```

Рисунок 29 – Ввод данных

```

G =

          0.117
-----
2.4 s^4 + 32.48 s^3 + 106.2 s^2 + 30.34 s + 1

Continuous-time transfer function.

Gc =

A =

      x1      x2      x3      x4
x1 -13.53  -5.533  -1.58  -0.2083
x2      8       0       0       0
x3      0       1       0       0
x4      0       0      0.25      0

```

Рисунок 30 – Ввод данных

```

B =

      u1
x1 0.125
x2  0
x3  0
x4  0

C =

      x1      x2      x3      x4
y1      0       0       0  0.195

D = |
      u1
y1  0

```

Рисунок 31 – Результаты расчета

Continuous-time state-space model.

Gd =

A =

	x1	x2	x3	x4
x1	-0.00963	-0.009832	0.005279	0.0008312
x2	-0.03192	-0.06363	-0.2552	-0.03283
x3	0.1576	0.2626	0.8082	-0.02497
x4	0.02997	0.05562	0.2314	0.9976

B =

	u1
x1	-0.0004987
x2	0.0197
x3	0.01498
x4	0.001456

Рисунок 32 – Результаты расчета

C =

	x1	x2	x3	x4
y1	0	0	0	0.195

D =

	u1
y1	0

Sample time: 1 seconds

Discrete-time state-space model.

Рисунок 33 – Результаты расчета

Уравнение в векторно-матричной форме примет вид:

$$\begin{aligned}x[n+1] &= A \cdot x[n] + B \cdot U[n] \\ y[n] &= C \cdot x[n] + D \cdot U[n] \quad ,\end{aligned}\tag{35}$$

Где при каждом фиксированном значении  $n$   $x[n] \in E$  – вектор состояния,  $u[n] \in E$  – вектор входных переменных,  $y[n] \in E$  – вектор выходных переменных.

Считая, что начальные условия по вектору состояния нулевые, применим преобразование Лорана к первому уравнению системы.

$$x[z] = (E \cdot z - A)^{-1} B \cdot U[z], \quad (36)$$

где  $E$  – единичная матрица размера  $n_s \times n_s$ . После подстановки этого выражения во второе уравнение имеем выходной вектор:

$$y[z] = [C \cdot (E \cdot z - A)^{-1} B + D] U[z], \quad (37)$$

Целью управления объектом является обеспечение выполнения равенств:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - r_x(t)\| = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \|U(t) - r_u(t)\| = 0, \quad (38)$$

Где векторные функции  $r_x(t)$  и  $r_u(t)$  определяют некоторое желаемое движение объекта.

Главным основанием затрудняющее использование оптимизационных подходов - это отсутствие полной динамической модели реального объекта причиной. Вследствие этого применяют теорию управления с прогнозирующими моделями. Основой, которой является обобщение принципа обратной связи, которое говорит, что при «формирование управляющего воздействия используются измеряемая информация о состоянии объекта» [25].

Прогноз, которого можно реализовать путем поиска частного решения системы (38) на фиксированном отрезке  $t \in [t, t + T]$  непрерывного времени. При этом прогноз будет точнее, чем меньше величина  $T > 0$ .



Обычно модель, для прогнозирующей модели, выбирается простой, что должно позволит интегрировать в реальном масштабе времени и непосредственно использовать в контуре управления.

Использовать алгоритм MPC- модель процесса обезвоживания нефти будет иметь следующий вид, рисунок 33 и результат моделировании на рисунке 34.

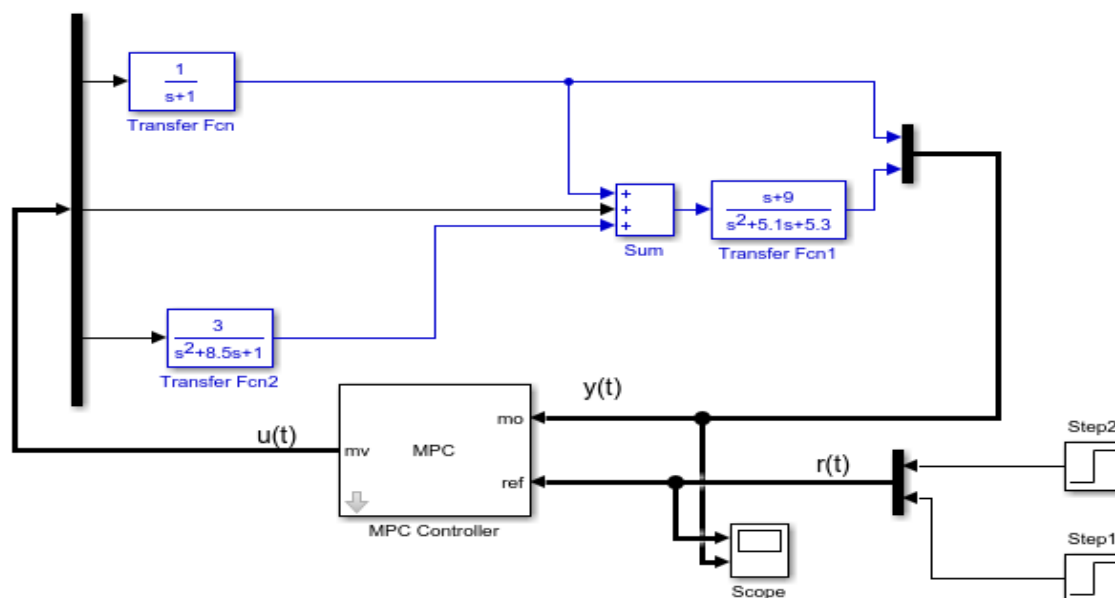


Рисунок 34 – Математическая модель процесса обезвоживания нефти с MPC регулированием

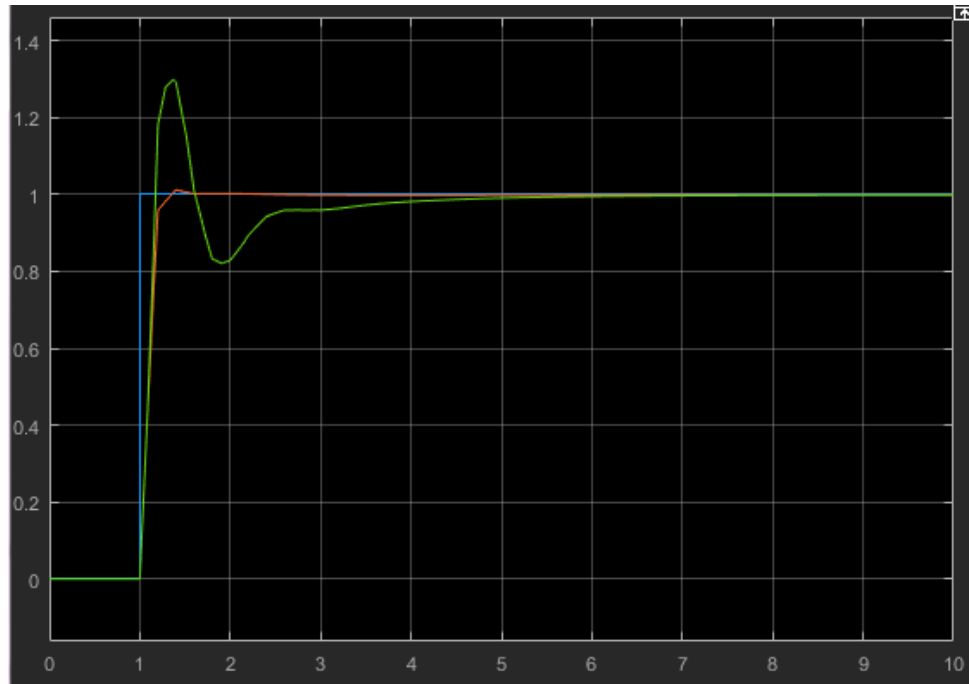


Рисунок 35 – Результат моделирование

Время переходного процесса 3 секунд, величина установившегося значения 1, перерегулирование ( $\sigma$ ) равно:

$$\sigma = \frac{|1.3 - 1|}{1} \cdot 100\% = 30\% , \quad (39)$$

Динамическая ошибка:

$$\Delta_{дин} = 1.3 - 1 = 0.3 , \quad (40)$$

Проведем серию экспериментов, для проверки эффективности работы МРС регулятора.

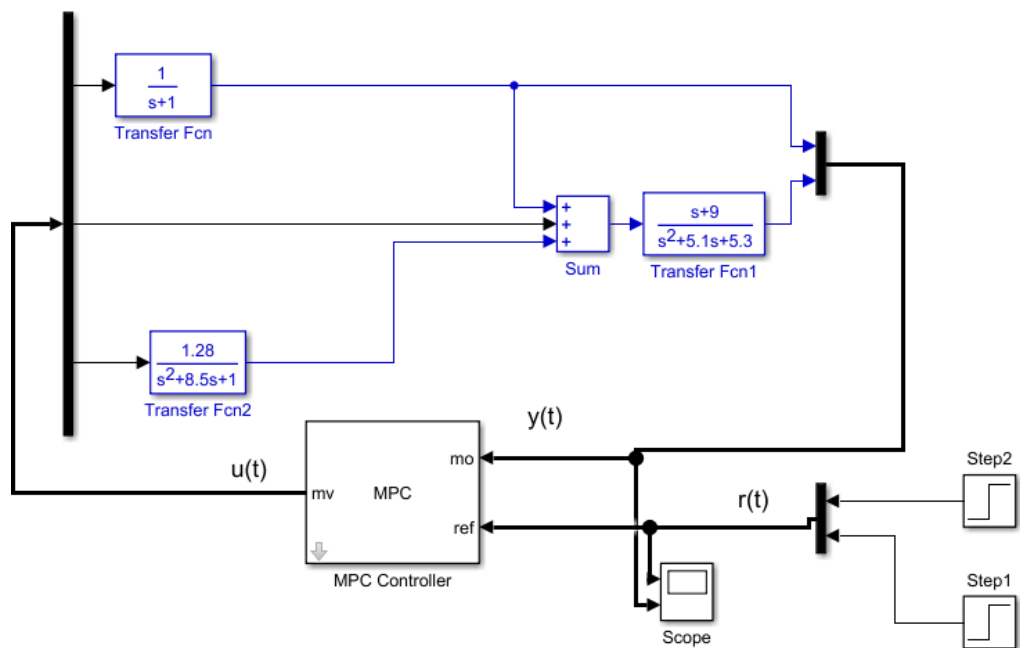


Рисунок 36 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

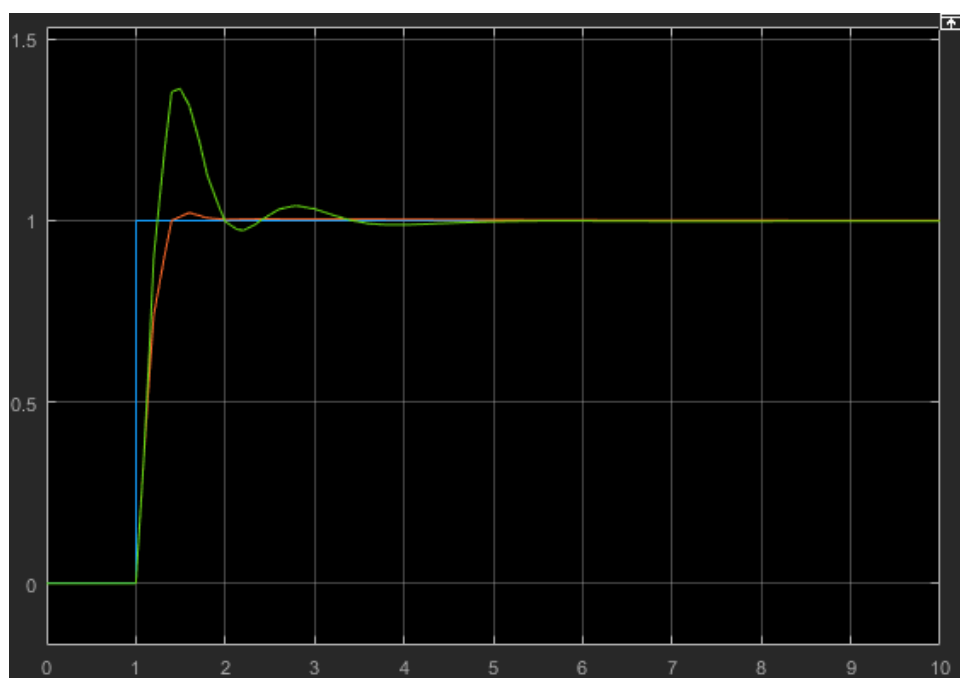


Рисунок 37– График переходного процесса

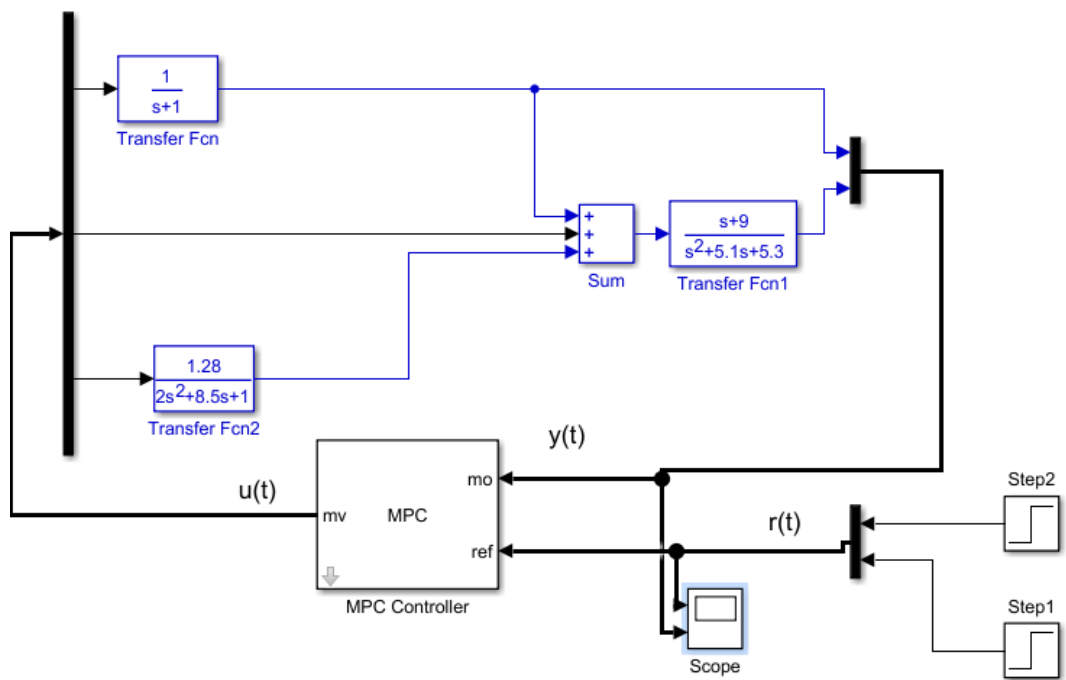


Рисунок 38 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

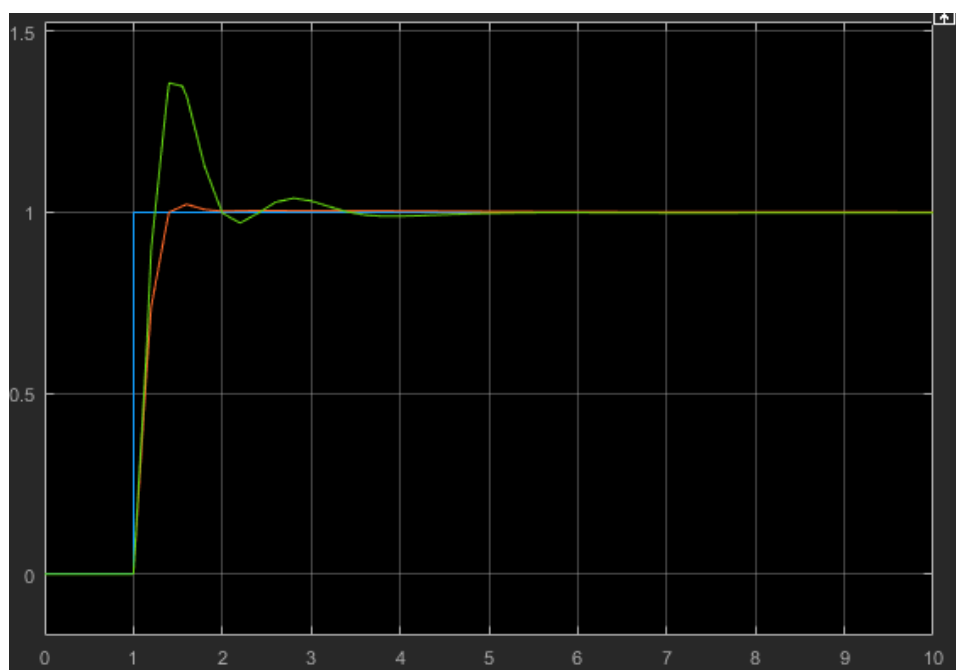


Рисунок 39– График переходного процесса

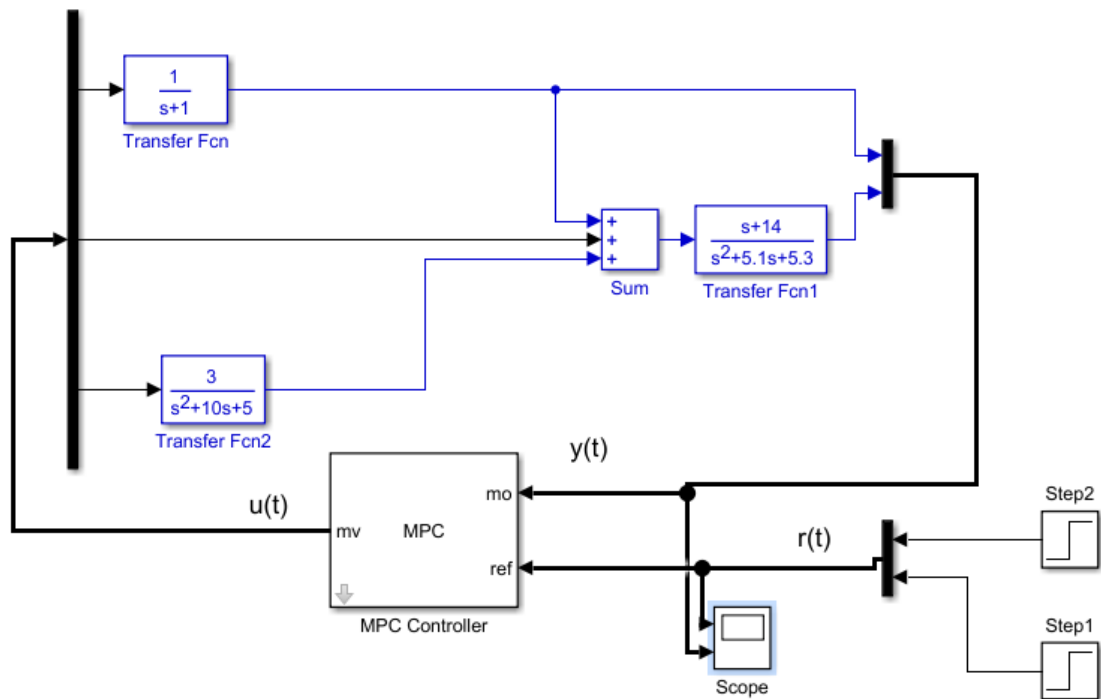


Рисунок 40 – Структурная схема системы регулирования процессом обезвоживания нефти

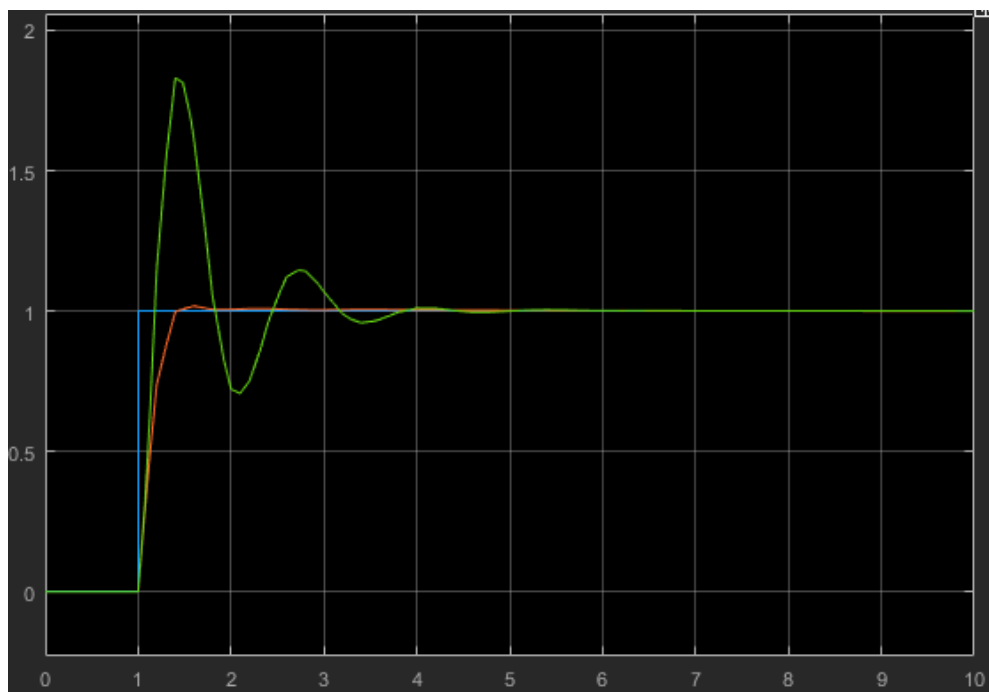


Рисунок 41– График переходного процесса

Из результатов моделирования системы видно, что оба типа - ПИД и МРС регулирования могут быть успешно применены для автоматизации процесса обезвоживания нефти. Используя алгоритм МРС регулирования можно получить более быстро реагирующую систему. Применяя ПИД управление перерегулирование ( $\sigma$ ) и динамическая ошибка ( $\Delta_{дин}$ ) меньше.

## **Глава 4 Социальная ответственность**

В данной главе рассмотрены вопросы: организация рабочего места студента в процессе написания ВКР в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды. А также анализ опасных и вредных производственных факторов, приводятся меры по их устранению; производится оценка напряженности трудового процесса; определяется категория помещения по пожаро-взрывобезопасности. Так же были указаны ЧС, которые могли произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

Работу студента в процессе выполнения данной ВКР можно классифицировать как работу инженера-АСУ ТП. В работе производится анализ существующих нефтегазовых предприятий, математические расчеты, математическое моделирование с помощью программного пакета MathLab и библиотеки Simulink. Рабочим местом является 106 аудитория 10 корпуса ТПУ, рабочей зоной является компьютерный стол.

### **4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

В процессе работы на человека могут действовать опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-74). Опасным производственным фактором называют фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному ухудшению здоровья. Воздействие вредного производственного фактора приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Все опасные факторы разделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

#### **4.1.1 Параметры микроклимата**

Микроклимат на рабочем месте в производственных помещениях определяется: температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным рабочим местом считается место, на котором работающий находится более 50% своего рабочего времени или более 2 ч непрерывно. При выполнении работы в различных пунктах рабочей зоны постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

Высокая температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров вызывает быструю утомляемость работающего, перегрев организма и большое потовыделение. Это ведет к снижению внимания, вялости и может оказаться причиной возникновения несчастного случая.

Источниками избыточного влаговыведения могут быть производственные установки, в которых происходит испарение воды. Оптимальной является относительная влажность 60—40%.



В воздухе, избыточно насыщенном водяными парами, затрудняется испарение влаги с поверхности кожи и легких, что может резко ухудшить состояние и снизить работоспособность человека.

Источниками тепла в операторной являются: электрические приборы (монитор, системный блок и электрообогреватели в холодное время года), батареи, сам человек.

Повышенная температура в сочетании с высокой влажностью негативно сказываются на работоспособности оператора, увеличивается время реакции, нарушается координация движений, вследствие чего возрастает количество ошибочных действий, что отражается на производительности оператора.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей его рабочей средой. Температура, относительная влажность и скорость движения окружающего воздуха характеризуют процесс теплообмена. Данные параметры оказывают комплексное воздействие на процесс теплообмена на рабочем месте.

При температуре в производственном помещении  $26^{\circ}\text{C}$  и выше и работе средней тяжести и тяжелой важную роль в теплоотдаче организма играет испарение пота. Именно испарение пота, потому что пот, лишь стекающий с тела, не приносит организму облегчения, не отнимает у него тепло.

При понижении относительной влажности воздуха до 20% у человека возникает неприятное ощущение сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Санитарными нормами допустимая относительная влажность воздуха в производственных помещениях установлена во взаимозависимости с его температурой и скоростью.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [28], «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» значения температуры, влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла, выделяемого в помещении, и периода года.

В таблице 7 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для оператора ЭВМ.

Таблица 7– Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, С		Температура поверхностей, С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптим	допуст	оптим	допуст	оптим	допуст	оптим	допуст
	.	.	.	.	.	.	.	.
Холодный	22-24	20-25	21-25	19-26	40-60	15-75	0,1	0,1
Теплый	23-25	21-28	22-26	20-29	40-60	15-75	0,1	0,1-0,2

В помещении предусмотрена система отопления, функционирующая в зимнее время. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха. Нормы подачи свежего воздуха, согласно СНиП 41-01-2003 приведены в таблице 8[29].

Таблица 8 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20...40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20

#### 4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23–05–95[30] в зависимости от характера зрительной, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Нехватка освещения рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Также низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности.

Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает

механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Работа оператора ЭВМ является работой зрительного характера, т.е. основное физическое напряжение принимают глаза, поэтому освещению рабочего места оператора следует уделять особое внимание.

Нормирование параметров световой среды для операторов ЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [31].

Помещение с ПЭВМ должно иметь естественное и искусственное освещение. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/кв.м, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%. Коэффициент запаса ( $K_z$ ) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Для работы с вычислительной техникой рекомендуются помещения с односторонним боковым естественным освещением, с северной, северо-западной или северо-восточной ориентацией светопроемов. Площадь светового проема должна составлять 25% площади пола, рабочие столы следует располагать подальше от окон и таким образом, чтобы оконные проемы находились сбоку от работающих, а естественный свет падал с левой или с правой стороны.

Для внутренней отделки помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка - 0,7 - 0,8; для стен 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5. Полимерные материалы для внутренней отделки должны быть разрешены для применения органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России.

Таблица 9 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа	300-500 лк
Освещенность на поверхности экрана ПК	не более 300 лк
Яркость бликов на экране ПК	не более 40 кд/м <sup>2</sup>
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м <sup>2</sup>

Продолжение таблицы 9 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях	не более 20
Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях	не более 15
Соотношения яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

#### 4.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, вызывающее ионизацию среды. Источниками электромагнитного излучения на рабочем месте оператора ЭВМ является дисплей и периферийное оборудование, поэтому необходимо правильно организовывать защиту работающего от влияния данного фактора. Спектр излучения монитора включает электромагнитное излучение широкого диапазона частот. Низкочастотные электромагнитные поля могут инициировать биологические изменения в тканях организма. Длительное воздействие на человека электромагнитных полей большой интенсивности вызывает повышенную утомляемость, сонливость, нарушение сна, головную боль, гипертонию, боли в области сердца. Воздействие полей сверхвысоких частот может вызвать изменение в

составе крови, заболевание глаз, а у отдельных людей - нервно-психические заболевания и трофические явления.

Воздействие статического электричества на человека может проявляться в виде слабого длительно протекающего тока или в форме кратковременного разряда через его тело. Такой разряд вызывает у человека рефлекторное движение, что может привести к травмам. Электростатическое поле повышенной напряженности отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [32], «Электромагнитные поля в производственных условиях» предельная допустимая напряженность электростатического поля  $E_d$  на рабочих местах не должна превышать 60 кВ/м при воздействии до 1 ч; при воздействии свыше 1 ч до 9 ч величину  $E_d$  определяют по формуле , где  $t$  - время воздействия, ч. Указанные нормативные величины при напряженности электростатического поля свыше 20 кВ/м применяют при условии, что в остальное время рабочего дня  $E_d$  не превышает 20 кВ/м.

Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: 25 В/м (для частот 5 Гц - 2 кГц); 2.5 В/м (для частот 2 кГц - 400 кГц). Плотность магнитного потока должна быть не более: 250 нТл (для частот 5 Гц - 2 кГц); 25 нТл (для частот 2 кГц - 400 кГц). Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. Энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10 – ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот  $\geq 30$  кГц – 300 ГГц

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \times ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \times ч$	По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \times ч$
30 кГц – 3 МГц	20000,0	200,0	-
3 – 30 МГц	7000,0	-	-
30 – 50 МГц	800,0	0,72	-
50 – 300 МГц	800,0	-	-
300 МГц – 300 ГГц	-	-	200,0

Для обеспечения меньшего электромагнитного излучения использован жидкокристаллический монитор. Необходимо учитывать расстояние до монитора, так как при большем расстоянии от человека оказывается меньшее влияние. В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, необходимо ограничивать его стенами, т.е. ставить в углу. Необходимо чтобы компьютер был заземлен, а также необходимо по возможности сокращать время работы за компьютером.

#### 4.1.4 Опасность поражения электрическим током

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и



опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Действие электрического тока на живую ткань в отличие от других материальных факторов носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм, электрический ток производит следующие действия: термическое (проявляется в нагреве тканей, вплоть до ожогов отдельных участков тела, перегрева кровеносных сосудов и крови, что вызывает в них серьезные функциональные нарушения); электролитическое (вызывает разложение крови и плазмы, значительные нарушения их физико-химических составов и тканей в целом); биологическое (выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться непроизвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе мышц сердца и легких).

Любое из этих действий тока может привести к электротравмам, которые условно можно свести к двум видам: местным электротравмам и общим электротравмам (электрическим ударам).

Степень опасного и вредного воздействий на человека электрического тока, электрической дуги зависит от рода и величины напряжения и тока, частоты электрического тока, пути прохождения тока через тело человека, продолжительности воздействия на организм человека, условий внешней среды.

Электрическое сопротивление тела человека и приложенное к нему напряжение также влияют на исход поражения, но лишь постольку, поскольку они определяют значение тока, проходящего через тело человека.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем резко повышается ток, за счет уменьшения сопротивления тела, и накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм.

Род и частота тока в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20-100 Гц.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного облучения осуществляется следующими способами:

1. Уменьшением излучения от источника.
2. Экранированием источника излучения и рабочего места.
3. Установлением санитарно-защитной зоны.
4. Поглощением или уменьшением образования зарядов статического электричества.
5. Устранением зарядов статического электричества.
6. Применением средств индивидуальной защиты.

Уменьшение мощности излучения от источника реализуется применением поглотителей электромагнитной энергии; блокированием излучения.

Аудитория №106 10 корпуса ТПУ относится к категории помещений без повышенной опасности, т.к. в помещении не имеется токопроводящих полов, токопроводящей пыли, повышенной влажности и т.д.

Блок питания компьютера, монитор, принтер должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе. При работе с компьютером запрещается:

1. Использовать для подключения устройств к сети питания нестандартные разъемы и шнуры с плохой изоляцией.
2. Отключать во время работы кабели, соединяющие монитор и системный блок.
3. Работать с устройствами при снятом корпусе.
4. Оставлять устройство включенным без присмотра.
5. Вскрывать устройства; во всех случаях появления неисправностей необходимо отключить питание и сообщить об этом дежурному инженеру.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

1. Непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением.
2. Соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

1. Недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения.
2. Защитное заземление, зануление или отключение.
3. Вывешивание предупреждающих надписей.
4. Контроль за состоянием изоляции электрических установок.
5. Использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а так же технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [35].

#### **4.2 Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов**

Обеспечение установленных норм микроклиматических параметров. Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха в операторной и других помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения соответствующего микроклимата; местные вентиляторы - для охлаждения ЭВМ и вспомогательных устройств.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные, воздушные и панельно-лучевые системы центрального отопления.

Для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой.

Каждые два часа в течение 15 минут необходимо проветривать помещение. В помещениях с ЭВМ ежедневно должна проводиться влажная уборка.

Мероприятия по устранению или снижению недостаточной освещенности рабочей зоны. Для повышения освещенности рабочего места в светлое время суток следует предусмотреть возможность использования естественного освещения, а в темное время суток использовать общее искусственное освещение в сочетании с местным. Для человека наиболее благоприятно естественное освещение, поэтому лампы дневного света более предпочтительны, чем лампы накаливания. Для общего освещения лучше использовать люминесцентные лампы, поскольку они обладают: высокой световой отдачей; продолжительным сроком службы; малой яркостью светящейся поверхности.

Работа на компьютере связана с различением мелких деталей, поэтому помещение должно быть оборудовано люминесцентными лампами белого цвета. Освещение должно быть рационально распределено в поле зрения оператора. Все светильники в помещении с компьютерами должны иметь рассеиватели для того, чтобы не допускать появления бликов на экране.

Избавиться от бликов можно с помощью оконных штор, занавесок или жалюзи, которые позволяют ограничивать световой поток, проходящий через окна. Чтобы избежать отражений, которые могут снизить четкость восприятия, нельзя располагать рабочее место прямо под источником верхнего света. Одним из средств борьбы с бликами является использование поляризационных защитных экранов, а так же мониторов со специальным антибликовым покрытием.

Клавиатура и другие блоки и устройства ЭВМ должны иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом 0,4-0,6 и не иметь блестящих деталей.

Мероприятия по устранению или снижению повышенного уровня электромагнитных излучений. Для снижения уровня электромагнитных излучений на рабочем месте необходима организация работы согласно СанПиН 2.2.4.1191-03[32]. Для защиты от электромагнитных и электростатических полей допускается применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытания в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

Операторы не должны находиться к своему дисплею ближе 30-50 см, а к дисплеям других сотрудников 1,5 м.

В обязательном порядке необходимо заземление монитора, чтобы обеспечить правильную работу защитного экрана, который практически полностью снимает статическое напряжение. Достаточная влажность воздуха снижает уровень напряженности электростатического поля.

Мероприятия по снижению опасности поражения электрическим током. Основными мероприятиями по защите от электротравматизма являются:

1. Расположение кабелей и проводов в недоступных для работающего местах, удаленных от нагретых деталей и острых кромок оборудования.

2. Применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током (защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения).

3. Использовать сигнальные знаки и надписи.

4. Стремиться использовать пониженное напряжение (например, 36В, вместо 220В).

5. Использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

#### **4.3            Определение            категории            помещения            по пожаровзрывобезопасности**

Пожаро- и взрывоопасность производственных помещений, зданий, в которых размещаются производства, оцениваются с учетом пожаровзрывоопасных свойств и количества, находящихся в помещении веществ и материалов.

Согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [34] помещения и здания подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д. Рабочее помещение оператора, в соответствии с НПБ 105-03, по пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности относится к категории В4 - в помещении находятся твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть; помещение не относится к категориям А или Б; суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 10% суммарной площади всех помещений.

Пожарная безопасность производственных объектов и взрывоопасности технологических процессов обеспечивается за счет систем предотвращения пожаров, взрывов и систем пожаро- и взрывозащиты,

определяемых ГОСТ Р 12.3.047 "Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования и методы"[35] и ПБ 09-540-03 "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств"[36].

Мероприятия по предупреждению пожара:

- электрооборудование взрывозащищенного исполнения;
- напряжение для переносного электроинструмента и освещение не более 42В;
- систематическая проверка исправности заземления;
- герметизация технологического оборудования.

#### **4.4. Региональная безопасность**

В связи с тем, что основным средством работы является персональный компьютер, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.



10 корпус ТПУ, можно отнести к зданию офисного типа, где не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор.

Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор(в т.ч. люминисцентные лампы), неисправное электрооборудование и компьютерная техника (вышедшие из строя компоненты компьютеров) коробки от техники, использованная бумага). Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация компьютерной техники осуществляется сотрудниками университета и предусматривает следующую поэтапность:

1. Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте компьютерной техники, о чем имеется акт технического осмотра;
2. Осуществление списания перечисленной в акте компьютерной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;
3. Непосредственно утилизация компьютерной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы. Количество деталей, содержащих драгоценные металлы, оформляется отдельным актом.

## 4.5. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

### 4.5.1 Эргономические требования к рабочему месту

На рисунке 42 приведен пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

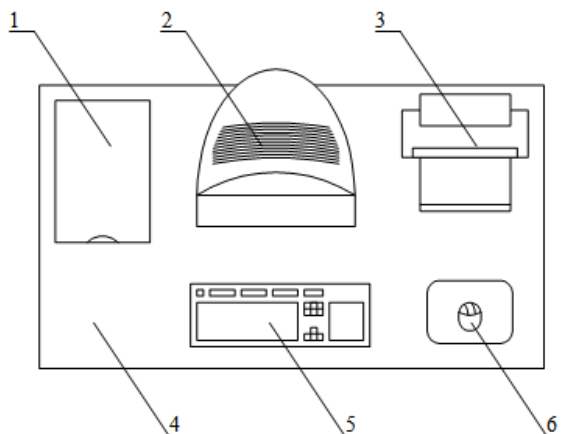


Рисунок 42 – Размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста

На рисунке 36 введены следующие обозначения:

1 – Сканер; 2 – монитор; 3 – принтер; 4 – поверхность рабочего стола; 5 – клавиатура; 6 – манипулятор типа «мышь».

Для повышения комфорта в процессе работы за ПЭВМ, следует соблюдать нормы и требования, изложенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[27].

Когда характер работы требует постоянного взаимодействия с видеодисплейными терминалами (набор текстов или ввод данных и т.п.) с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы.

В помещении, оборудованном ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ, которое проводится во время перерывов при работе за ПЭВМ.

#### **4.5.2 Окраска и коэффициенты отражения**

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения.

Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

Окна ориентированы на юг: стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол – зеленый.

Окна ориентированы на север: стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол – красновато-оранжевый.

Окна ориентированы на восток: стены желто-зеленого цвета, пол – зеленый или красновато-оранжевый.

Окна ориентированы на запад: стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения: для потолка: 60...70%, для стен: 40...50%, для пола: около 30%. Для других поверхностей и рабочей мебели: 30...40% [37].

#### **4.5.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[27]:

- Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.
- Не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену.
- Рекомендуется делать перерывы в работе за ПК продолжительностью 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы.
- Продолжительность непрерывной работы за компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 1 час.
- Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.
- При работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 ч), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов следует увеличивать на 30 %.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за производством и эксплуатацией ПЭВМ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [27]:

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил осуществляется производителем и поставщиком ПЭВМ, а также предприятиями и организациями, эксплуатирующими ПЭВМ.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм. К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

#### **4.5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 [38] и ГОСТ 12.1.010-76 [39].

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в комнате, необходимо:

- Содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводится влажная уборка всех помещений.
- Работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании.
- На видном месте должен быть вывешен план эвакуации из корпуса с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь.
- Уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- Правильная эксплуатация приборов, установок.
- Правильное содержание помещения.
- Противопожарный инструктаж сотрудников аудитории.
- Издание приказов по вопросам усиления ПБ.
- Организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий.
- Наличие наглядных пособий и т.п.

Когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации, расположенном на стене возле двери 106 аудитории и предоставленном на рисунке 37.

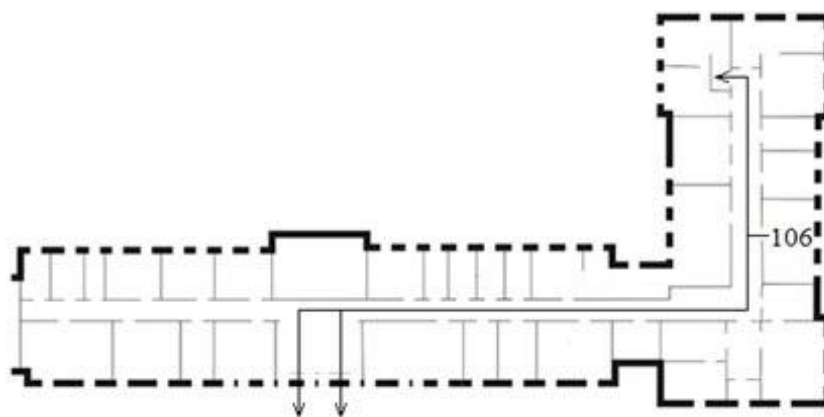


Рисунок 37 – План пожарной эвакуации из 106 аудитории 10 корпуса ТПУ

## Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

За счет внедрения новой АСУ ТП можно добиться улучшения разделения нефти от воды, что позволит повлиять на следующие факторы:

1. Более быстрая и эффективная переработка нефти за счет регулирования параметров.

2. Замена исполнительных механизмов с ручным воздействием на автоматическое управление технологическим процессом, которое может способствовать к сокращению обслуживающего персонала, что приведет к уменьшению затрат на заработную плату рабочим.

Представим выполнение дипломной работы делением на следующие этапы, таблица 11.

Таблица 11 – Перечень работ

№ работ ы	Основные этапы работы	Исполнитель и	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 30%
3	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%



Продолжение таблицы 11 – Перечень работ

4	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
5	Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
6	Изучение и выбор регуляторов управления	НР, И	НР – 20% ИП – 100%
7	Математическое описание установки	НР, И	НР – 20% И – 100%
8	Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
10	Оформление графического материала	И	И – 100%
11	Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

### 5.1 Продолжительность этапов работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле.

$$t_{ожі} = \frac{3*t_{min\ i} + 2*t_{max\ i}}{5}, \quad (41)$$

где:  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.,

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.,

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоемкости работы:

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Для расчета продолжительности работ установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (42)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.,

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.,

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{вн} = 1$ ;

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{д} = 1$ ).

Построение календарного план-графика осуществляется путем перевода длительности этапов в рабочих днях в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{кд} = T_{pд} \cdot T_{к}, \quad (43)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.,

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.,

$T_K$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (44)$$

где  $T_{КГ}$  – количество календарных дней в году,

$T_{ВД}$  – количество выходных дней в году (только воскресенья),

$T_{ПД}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$T_K = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 52 - 17} = 1,233, \quad (45)$$

Величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Продолжительность работ по этапам

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,86	–	3,07	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	3,18	0,86	3,5	0,4
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	18	30	22,8	8,2	27,36	9,94	33,16

Продолжение таблицы 12 – Продолжительность работ по этапам

Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,7	0,34	2,07	0,41
Обсуждение литературы	НР, И	3	8	5	1,8	6	2,18	7,3
Изучение и выбор регуляторов управления	НР, И	15	24	18,6	4,5	22,3	5,5	27
Математическое описание установки	НР, И	16	20	17,6	4,3	21,1	5,2	25,6
Расчет принципиальной схемы устройства	И	8	14	10,4	–	12,48	–	15,1
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	4	9	6	–	7,2	–	8,7
Оформление графического материала	И	5	8	6,2	–	7,44	–	9
Подведение итогов	НР, И	4	7	5,4	3,9	6,48	4,73	7,85
<b>Итого:</b>				<b>98,6</b>	<b>30,64</b>	<b>111,56</b>	<b>37,2</b>	<b>134,5</b>

### 5.1.1 Построение графика работ

Наиболее удобным и популярным тип столбчатых диаграмм, которым представим календарный план работ является диаграмма Ганта.

Ленточная диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, который используют для иллюстрации плана выполнения работ. Этот график

характеризуется датами начала и окончания выполнения данных работ, каждая полоса отображает отдельный вид работ, а также от исполнителя работы. График строится в таблице с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени выполнения работы. Таблица Д.1.13 -Д.2.13 – календарный план на выполнение НИР в виде диаграммы Ганта в приложении Д1-Д2.

### 5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель расчета готовности проекта – это определение текущего состояния выполнения работы. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Для этого введем обозначения:

$TP_{\text{общ.}}$  – общая трудоемкость проекта;

$TP_i$  ( $TP_k$ ) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта,  $i = \overline{1, I}$ ;

$TP_i^H$  – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;

$TP_{ij}$  ( $TP_{kj}$ ) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь  $j = \overline{1, m}$  – индекс исполнителя, в нашем примере  $m = 2$ .

Степень готовности определяется формулой (44)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \quad (46)$$

Применительно к таблице (14) величины  $TP_{ij}$  ( $TP_{kj}$ ) находятся в столбцах (6,  $j = 1$ ) и (7,  $j = 2$ ).  $TP_{\text{общ.}}$  равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа содержится в таблице 14.

Таблица 14 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР <sub>i</sub> , %	СГ <sub>i</sub> , %
Постановка задачи	2.33	2.33
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2.63	4.96
Подбор и изучение материалов по тематике	25	29.94
Разработка календарного плана	1.44	31.4
Обсуждение литературы	5.49	36.89
Изучение и выбор регуляторов управления	18.85	55.74
Математическое описание установки	17.86	73.6
Расчет принципиальной схемы устройства	8.78	82.38
Оформление расчетно-пояснительной записки	5.1	87.48
Оформление графического материала	5.23	92.71
Подведение итогов	7.29	100.00

## 5.2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В данном разделе содержатся все расходы, которые были затрачены при выполнении данной работы.

### 5.2. 1. Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в

процессе выполнения работ над объектом проектирования. Цена выбирается по ценникам. Кроме того статья включает транспортно-заготовительные расходы. Приблизленно сделки купли-продажи оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов - это (20%), расчет затрат на материалы приведен в таблице 15

Таблица 15 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Тетрадь	40	1 шт.	40
Бумага для принтера формата А4	240	1 уп.	240
Картридж для принтера	860	1 шт.	860
Ручка	20	2 шт.	40
<b>Итого:</b>			<b>1180</b>

Для расчета предположим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 1180 * 1,05 = 1239$  руб.

### 5.2.2. Расчет заработной платы

В этом пункте рассматривается статья расходов состоящая из заработной платы научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/24,83, \quad (47)$$

Зная, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Таблица 15 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	32	1,699	50941,19
И	14 874,45	599,05	112	1,62	108691,63
<b>Итого:</b>					<b>159632,82</b>

### 5.2.3.Расчет затрат на социальный налог

В этом пункте рассчитываются затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,27, \quad (48)$$

В нашем случае:

$$C_{\text{соц.}} = 159632,82 * 0,27 = 43100,86 \text{ руб}, \quad (49)$$



#### 5.2.4. Расчет затрат на электроэнергию

В этом пункте рассматривается вид расходов включает в затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}}, \quad (50)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $\text{Ц}_{\text{Э}} = 5,782$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (51)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_c, \quad (52)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $C_{эл.об}$ , руб.
Персональный компьютер	892*0,9	0,3	1392,54
Струйный принтер	30	0,1	17,35
<b>Итого:</b>			1409,89

### 5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В этом пункте рассматривается статья «Амортизационные отчисления», в котором рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{ам} = \frac{H_A * Ц_{об} * t_{рф} * n}{F_d}, \quad (53)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{ам}$ .

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Стоимость ноутбука 30000 руб., его  $F_d = 298 * 8 = 2384$  часа,  $N_A = 0,4$ , время использования 892 часа, тогда для него  $C_{ам}(ноутбук) = (0,4*30000*892*1)/2384 = 4489,93$  руб

Стоимость принтера 3000 руб., его  $F_d = 500$  час.,  $N_A = 0,5$ , время использования 30 часа, тогда для него  $C_{ам}(принтера) = (0,4*3000*30*1)/500 = 72$  руб.

Итого  $C_{ам}(ноутбук) + C_{ам}(принтера) = 4561,93$  руб.

#### 5.2.6. Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1, \quad (54)$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (1239 + 159632,82 + 43100,86 + 1409,89 + 4561,93) \cdot 0,1 = 20994,45 \text{ руб.} \quad (55)$$

### 5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

В данном пункте представим общую себестоимость проекта, в таблице 17.

Таблица 17– Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2656,5
Заработная плата	$C_{\text{зп}}$	159632,82
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	43100,86
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1409,89
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4561,93
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	21 136,197
<b>Итого:</b>		<b>230938,95</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 230938,95$  руб.

### 5.2.8 Расчет прибыли

В данном разделе определим прибыль от реализации проекта, который определяться различными способами. Поскольку не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль принимает в размере  $5 \div 20 \%$  от полной себестоимости проекта. В результате она составляет 46187,79 руб. ( $20 \%$ ) от расходов на разработку проекта.

### 5.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(230938,95 + 46187,79) \cdot 0,18 = 49882,82$

#### **5.2.10 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 230938,95 + 46187,79 + 35054,49 = 312181,23 \text{руб.}$$

### **5.3 Оценка экономической эффективности проекта**

#### **5.3.1 Показатель эффективности.**

Показатель эффективности нельзя определить из-за отсутствия информации о соответствующих затратах по содержанию высвобождаемых работников и экономических результатах повышения производительности УПН.

#### **5.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР**

В этом пункте рассматривается влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для этого расчета используется метод балльных оценок, которая сводится к тому, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов, суммируя все баллы, получится обобщенная оценка, по которой судят о целесообразности НИР.

Сущность сводится к тому, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (56)$$

где:  $I_{\text{НТУ}}$  – интегральный индекс научно-технического уровня;

$R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 18– Весовые коэффициенты признаков НТУ

<b>Признаки научно-технического эффекта НИР</b>	<b>Характеристика признака НИР</b>	<b>Ri</b>
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	00,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	00,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	00,5

Таблица 19 – Баллы для оценки уровня новизны

<b>Уровень новизны</b>	<b>Характеристика уровня новизны – <math>n_1</math></b>	<b>Баллы</b>
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10

Продолжение таблицы 19 – Баллы для оценки уровня новизны

Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 20 – Баллы значимости теоретических уровней

<b>Теоретический уровень полученных результатов – <i>n</i></b>	<b>Баллы</b>
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблицы 21 – Возможность реализации результатов по времени

<b>Время реализации – <math>n_3</math></b>	<b>Баллы</b>
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Так как все частные признаки научно-технического уровня оцениваются по 10-балльной шкале, а сумма весов  $R_i$  равна единице, то величина интегрального показателя также принадлежит интервалу  $[0, 10]$ .

В таблице 22 указано соответствие качественных уровней НИР значениям показателя, рассчитываемого по формуле (56).

Таблица 22 – Показатели уровня НТЭ

<b>Уровень НТЭ</b>	<b>Показатель НТЭ</b>
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Для используемого в пособии примера частные оценки уровня  $n_i$  и их краткое обоснование даны в таблице 23.



Таблица 23 – Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	2	Ускорение процесса получения готовой нефти
0,1	Теоретический уровень	Элементарный анализ связей между фактами	2	Применение автоматизации, ускорение процесса настройки подачи реагента
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Потребуется не существенное изменение на месторождениях

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{\text{нту}} = 0,4 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 10 = 6, \quad (57)$$

Таким образом, исходя из данных таблицы 23, данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

## **Заключение**

При выполнении работы был проведен литературный анализ существующих методов обезвоживания и обессоливания нефти, рассмотрено общее описание установки подготовки нефти, процессы сепарация нефти от газа, виды и преимущества сепараторов.

Выявлены существующие недостатки на установках подготовки нефти: не автоматизированная подача деэмульгатора, отсутствие регулирования объема подачи реагента (деэмульгатора) во время работы.

Произведен расчет для осаждения частицы воды в нефтяной эмульсии, под действием всех внешних сил. Постоянные графики скорости осаждения капель воды в зависимости от температуры и диаметра.

Рассмотрено применение и влияние деэмульгаторов на образования капель нужного диаметра для ускорения процесса разделения нефтяной эмульсии.

Произведен анализ, сложные алгоритмы автоматического регулирования, выбран алгоритм МРС регулирование для подачи деэмульгатора в реальном масштабе времени. Для сравнения была выполнена реализация ПИД и МРС регулирования установки подготовки нефти. Анализируя работы регуляторов был сделан вывод, что оба регулятора могут успешно применяться для подачи деэмульгатора.

## Список публикаций

1. Аржанов К.В., Аржанова А.В. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических установок // Труды Всероссийской молодежной научной школы – конференции «Состояние и пути развития российской энергетики», 21-23 октября 2014г., Томск, НИ ТПУ, с. 234-236.
2. Аржанов К.В., Аржанова А.В. Автоматическое управление солнечной энергетической установкой // Материалы Девятой Всероссийской научно-технической конференции «ЭНЕРГЕТИКА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ» Томск: Изд-во ТПУ, 2014, с. 312-314.
3. Аржанов К.В., Аржанова А.В. Разработка структуры шагового электропривода для системы наведения фотоэлектрической установки при действии ветровой нагрузки // Материалы Девятой Всероссийской научно-технической конференции «ЭНЕРГЕТИКА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ» Томск: Изд-во ТПУ, 2015, Том1, с. 4-6.
4. Аржанова А.В. Оптимизация процесса расхода деэмульгатора на установке подготовки нефти// Материалы Тридцать девятой Всероссийской научно-практической конференции «Стратегия устойчивого развития регионов России» Новосибирск: 2017.

## Список используемых источников

1. Все о минерально-сырьевом комплексе России и мира/ Информационно-аналитический центр «Минерал» [Электронный ресурс] URL:<http://www.mineral.ru/Facts/russia/131/288/index.html> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа/ А.К. Мановян. - М.: Химия, 2001. - 568с.
3. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть [27.06.16] [Электронный ресурс]. URL: [http://www.nge.ru/g\\_p\\_51858-2002.htm](http://www.nge.ru/g_p_51858-2002.htm), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Филимонова Е.И. Основы технологии переработки нефти: учебное пособие/ Е.И. Филимонова. – Ярославль: Изд-во ЯТГУ, 2010. – 171 с.
5. ГОСТ 9965-76. Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий [27.06.16] [Электронный ресурс]. URL:[http://www.nge.ru/g\\_9965-76.htm](http://www.nge.ru/g_9965-76.htm), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Чухарева Н.В. Транспорт скважной продукции: учебное пособие / Н.В. Чухарева, А.В. Рудаченко, А.Ф. Бархатов. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 357 с.
7. Тронов В. П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти: монографии / В. П. Тронов. – Казань: «Фэн», 2002. – 408 с.
8. Молчанов Г. В. Машины и оборудование для добычи нефти и газа: учебник для ВУЗов / Г. В. Молчанов, А. Г. Молчанов. – М.: Недра. – 1984. – 464 с.
9. Муллаев Б. Т. Проектирование и оптимизация технологических процессов в добыче нефти, Том 2: монографии / Б. Т. Муллаев. – 534 с.
10. Клейтон В. Эмульсии. Их теория и технические применения / пер. с англ. под ред. акад. П. А. Ребиндера. – М. : ИЗИНЛ, 1950. – 680 с.
11. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. Изд. 5-е, стереотипное / В.А. Киреев . – М.:Химия, 1978. 624 с., ил.

12. Муллаев Б. Т. Проектирование и оптимизация технологических процессов в добыче нефти (с алгоритмами решения промысловых задач) Том 1: монографии / Б. Т. Муллаев 2003. – 534 с.
13. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение эмульсий/ Г.Н. Позднышев. – М., Недра, 1982. – 222 с
14. Аппараты для воздействия на водонефтяные эмульсии магнитным полем [Электронный ресурс]. URL: <http://mirznanii.com/a/172198/apparaty-dlya-vozdeystviya-na-vodoneftyanye-emulsii-magnitnym-polem>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
15. Pal R. Techniques for Measuring Composition (Oil and Water Content) of Emulsions // Colloids & Surfaces, 1994. - N 84. v P. 141-193.
16. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: Учебное пособие для вузов. 2-е изд / А.К. Мановян. – М.: Химия, 2001. - 568с.
17. Громаков Е.И. Интегрированные системы компьютерные проектирования и управления: учебное пособие/ Е.И. Громаков, А.В. Лиепиныш. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 212 с.
18. Химические методы [Электронный ресурс]. URL: [http://info-neft.ru/index.php?action=full\\_article&id=581](http://info-neft.ru/index.php?action=full_article&id=581), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
19. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ngpedia.ru/id624117p3.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
20. Веремей Е.И. Управление с прогнозирующими моделями / Е.И. Веремей, М.В. Сотникова. – СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2014. – 212 с.
21. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебное пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиныш. – Томский государственный университет. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. – 360 с.

22. G. Stephanopoulos Chemical process Control, Prentice Hall of India, New Delhi, 1995. – 696 с.
23. D.R. Coughanowr Process systems analysis and control (2/e), McgrawHill, NY, 1991. – 630 с.
24. F. Borrelli, A. Bemporad, M. Morari Predictive Control for linear and hybrid systems, 2015. – 464 с.
25. Веремей Е.И. Пособие "Model Predictive Control Toolbox"/ Е.И. Веремей, В.В. Еремеев, М.В. Сотникова. – [Электронный ресурс]. URL: <http://matlab.exponenta.ru/modelpredict/book1/index.php>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
26. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы.
28. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
29. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование
30. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
32. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
33. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
34. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
35. ГОСТ Р 12.3.047. Пожарная безопасность технологических процессов.

36. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.

37. «Нарушение зрения и их профилактика». Научно-информационный журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/2431.html>. Свободный

38. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

39. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

40. Конотопский В.Ю. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерской диссертации для всех специальностей ИК / В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

## Приложение А

Таблица А.4 – Сравнительная характеристика методов разрушения эмульсий

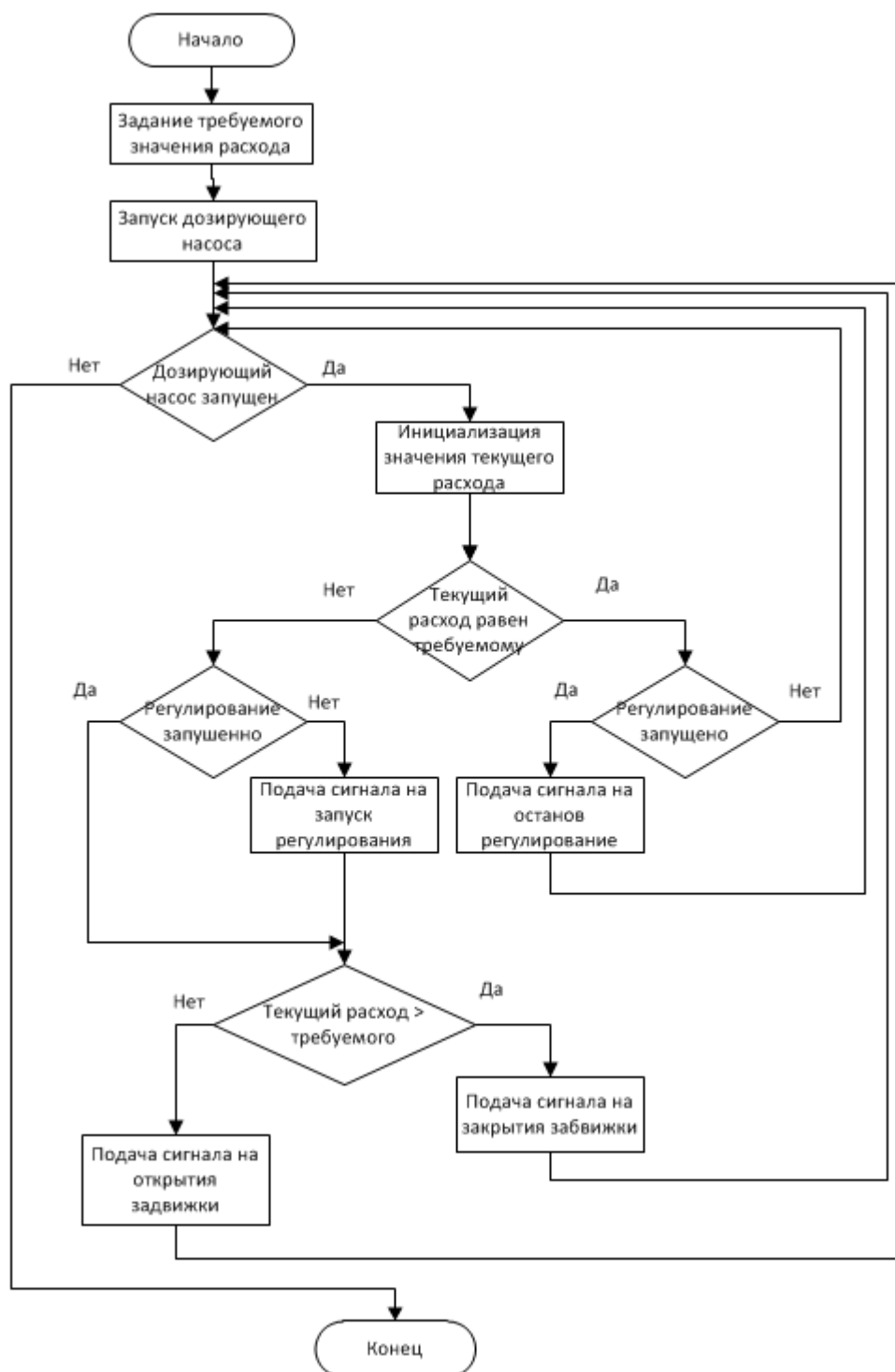
Стадия процесса	Характеристика стадии	Последовательность значимости методов	
		По эффективности воздействия	По технологичности
1	Разрушение бронирующих оболочек	Химический реагент	Химический реагент
		Нагрев	Перемешивание
		Электрические поля	Нагрев
		Перемешивание	Электрические поля
		Электромагнитные поля	Электромагнитные поля
2	Укрупнение капель	Электрические поля	Гидродинамические эффекты
		Коалесцирующие насадки	Промывка в слое воды
		Гидродинамические эффекты	Электрические поля
		Ультразвук	Коалесцирующие насадки
		Промывка в слое воды	Ультразвук
		Магнитное поле	Магнитное поле



## Приложение Б

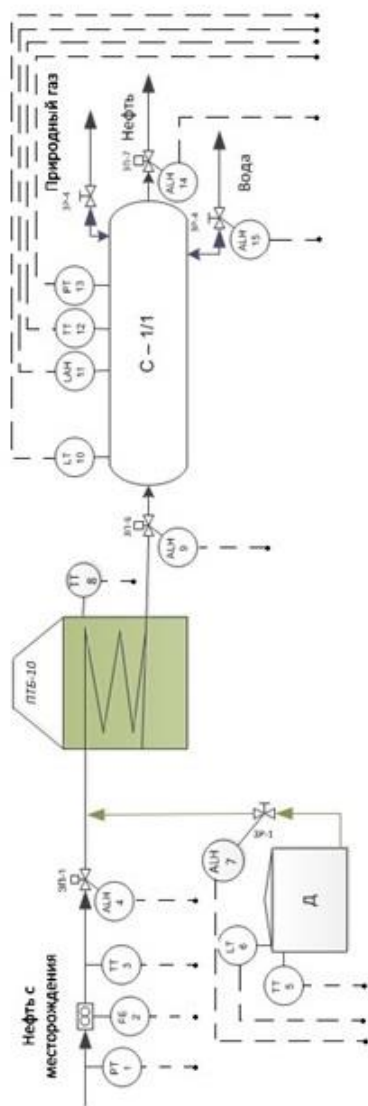


## Приложение В



## Приложение Г

## Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-13





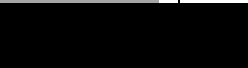





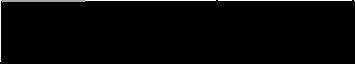


1 ↑	2 ↑	3 ↑	4 ↑	5 ↑	6 ↑	7 ↑	8 ↑	9 ↑	10 ↑	11 ↑	12 ↑	13 ↑	14 ↑	15 ↑
МПа	м³/с	°C	%	°C	М	%	М	%	М	М	°C	МПа	%	%
Шкаф	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок	Блок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PT	FE	TT	ALH	TT	LT	ALH	LT	ALH	LT	LT	TT	PT	ALH	ALH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FC	FC	FC	FC	LC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
МОНИТОРИНГ	РЕГИСТРАЦИЯ	УПРАВЛЕНИЕ	МОНИТОРИНГ	РЕГИСТРАЦИЯ	УПРАВЛЕНИЕ	МОНИТОРИНГ	РЕГИСТРАЦИЯ	УПРАВЛЕНИЕ	МОНИТОРИНГ	РЕГИСТРАЦИЯ	УПРАВЛЕНИЕ	МОНИТОРИНГ	РЕГИСТРАЦИЯ	УПРАВЛЕНИЕ

[illegible]

## Приложение Д.1

Таблица Д.1.13 – Календарный план на выполнение НИР в виде диаграммы Ганта

Этап	Н	И	Февраль			Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	4,07	–												
2	3,5	0,35	 											
3	9,94	16,3 3		 										
4	2,07	0,4			 									
5	2,18	7,3			 									
6	5,5	27				 								

## Приложение Д.2

Продолжение таблицы Д.1.13 – Календарный план на выполнение НИР в виде диаграммы Ганта

<b>7</b>	5,2	25,6												
<b>8</b>	–	15,1												
<b>9</b>	–	8,7												
<b>10</b>	–	9												
<b>11</b>	4,73	7,85												

## Приложение Е

### General Description of Technological Process

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ51	Аржанова А.В.		

Консультант кафедры СУМ ИК

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.	Рудницкий В. А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Бутакова Т. И.			

## 1.2 General description of technological process

The paper examines the problem of oil-well product processing on an oil treatment unit, particularly a matter of water-oil emulsion breaking with the use of demulsification. The oil treatment unit is considered in general terms, the water-oil emulsion breaking process has been analyzed, and an automatic control system has been design as the result of the work. Modal predictive control has been selected as a control algorithm. The developed automatic control system allows users to maintain an optimal process control, to reduce costs, and to improve the quality of treated oil.

In the research we face the problem of automatic control to supply demulsifier in complex oil preparation in real time depending on temperature and output amount with the use of PID and MPC controllers.

The technological processes of oil preparation include a large complex of field equipment and installations, connected by pipelines. Oil treatment is carried out at the oil treatment unit or central oil treatment station; and include the processes below.

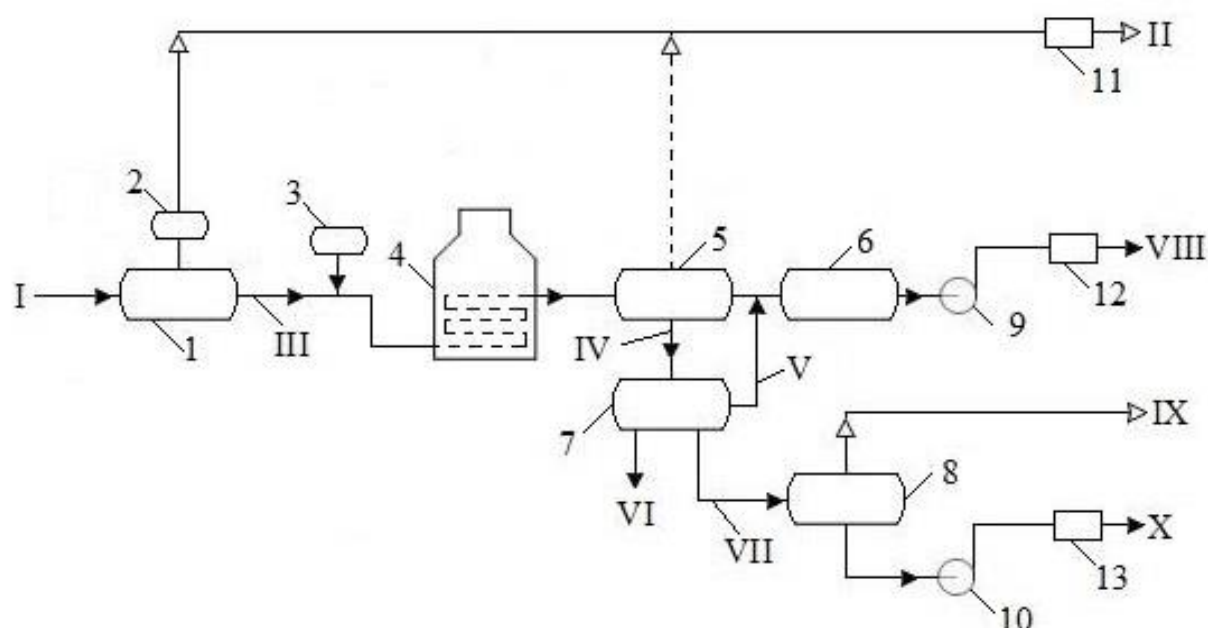


Figure 1. Oil Treatment Unit

Figure 1 shows the flows: I is in-place oil; II is oil-dissolved gas; III is oil after the first stage of separation; IV is stratum water; V is captured oil from the water settler; VI is mechanical impurities, sludge; VII is stratum water purified from mechanical impurities and oil; VIII is oil for the oil processing and pumping shop; IX is gas for a torch; X is water for cluster pump station.

For the preparation of oil are used: 1 is separator of the first stage separation; 2 is mist extractor; 3 is unit of demulsifier dosing; 4 is tube heater; 5 is three-phase separator; 6 is settler for dehydration of oil; 7 is stratum water settler; 8 is degasser; 9, 10 is pumps; 11 is oil-dissolved gas accounting unit; 12 is metering station; 13 is stratum water registration unit.

After admixing the demulsifier to the oil, the oil product is supplied In the heating furnace, consequently the difference in the densities of oil and water increases, and the viscosity of oil decreases - which makes it possible to accelerate process of stratification. After heating, oil enters a three-phase separator. The oil product is a mixture of oil, water and gas. Oil has lower density, so it floats to the surface of a water phase. During the process, there is also a separation of oil dissolved gas, which is sent to the gas section and, further, to the oil-dissolved gas accounting unit.

The function of an oil production facility is to separate the oil well stream into three components or “phases” (oil, gas, and water), and process these phases into some marketable products or dispose of them in an environmentally acceptable manner. In mechanical devices called “separators”, gas is flashed from the liquids and “free water” is separated from the oil. These steps remove enough light hydrocarbons to produce a stable crude oil with the volatility (i.e., vapor pressure) to meet sales criteria.

Separators are classified as “two-phase” if they separate gas from the total liquid stream and “three-phase” if they also separate the liquid stream into its crude oil and water components. The gas that is separated is compressed and treated for



sales. Modeling such facilities has become very crucial for controller design, fault detection and isolation, process optimization, and dynamic simulation.

We focus on three-phase gravity separators as they form the main processes in the upstream petroleum industry, and have a significant economic impact on produced oil quality.

Degassing of oil is carried out in order to separate gas from oil. The apparatus in which this occurs is called the separator, and the process is called separation.

### 1.3 Classification of separators

The separation process is carried out in several stages (steps). The more separation steps, the greater the yield of degassed oil from the same amount of formation fluid. However, at the same time, investments in separators are increasing. Thereby the number of separation steps is limited to two or three.

Classification of separators is presented in Figure 2.

1. Horizontal separator is used under high-pressure and medium-pressure service.
2. Vertical separator is used under for low-pressure service (generally).
3. Spherical separator is used of: more compact and cheaper, limited separation space and liquid surge capacity, for low-volume remote platforms.

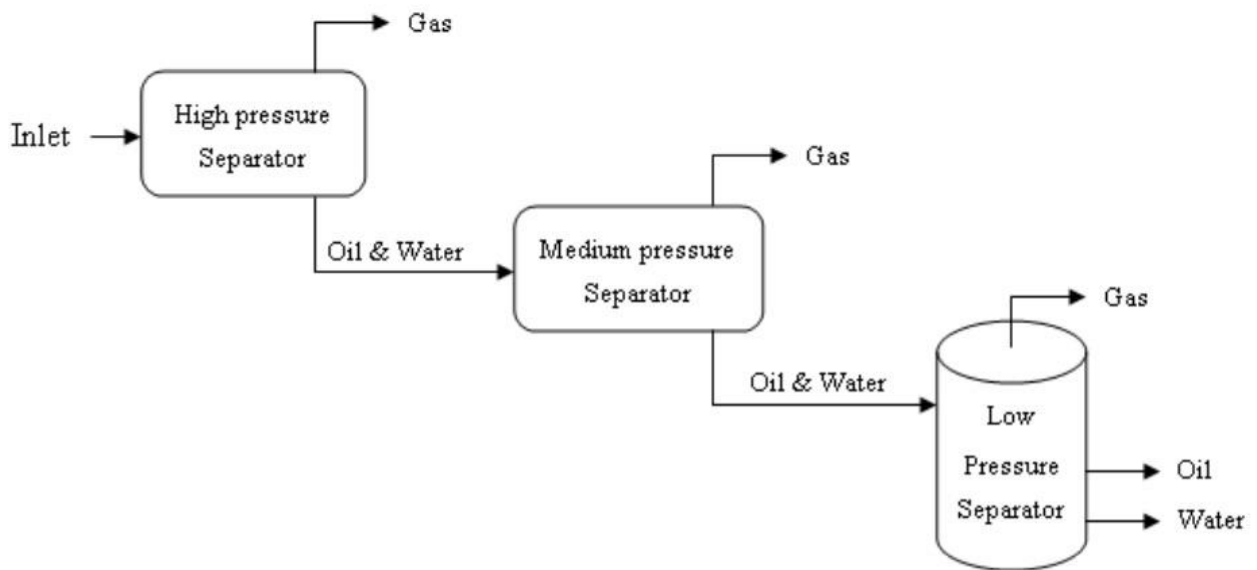


Figure 2. Classification of Separators

All applicable oil and gas separators can be classified on the following grounds:

1. by designation - metering - separating and separating;
2. by geometric shape and position in space - cylindrical, spherical, vertical, horizontal and inclined;
3. by the manifestation of the main forces - gravitational, inertial and centrifugal;
4. by working pressure - high (6.4 MPa), medium (2.5 MPa) and low pressure (0.6 MPa);
5. by the number of stages of separation - the first, second, etc. Steps separation;
6. by technological purposes - two-phase and three-phase;
7. by the construction of input devices for oil and gas flow – from radial and with tangential input;

8. for constructive execution - single-capacitive and two- capacitive.

Let's consider in detail the working principle of vertical and horizontal separators.

The vertical separator is a vertically mounted cylindrical casing with hemispherical bottoms, equipped with branch pipes for gas-liquid mixture injection and liquid and gas phase discharge, safety and control valves, and special devices providing separation of liquid and gas.

The vertical separator works as follows (see Figure 3).

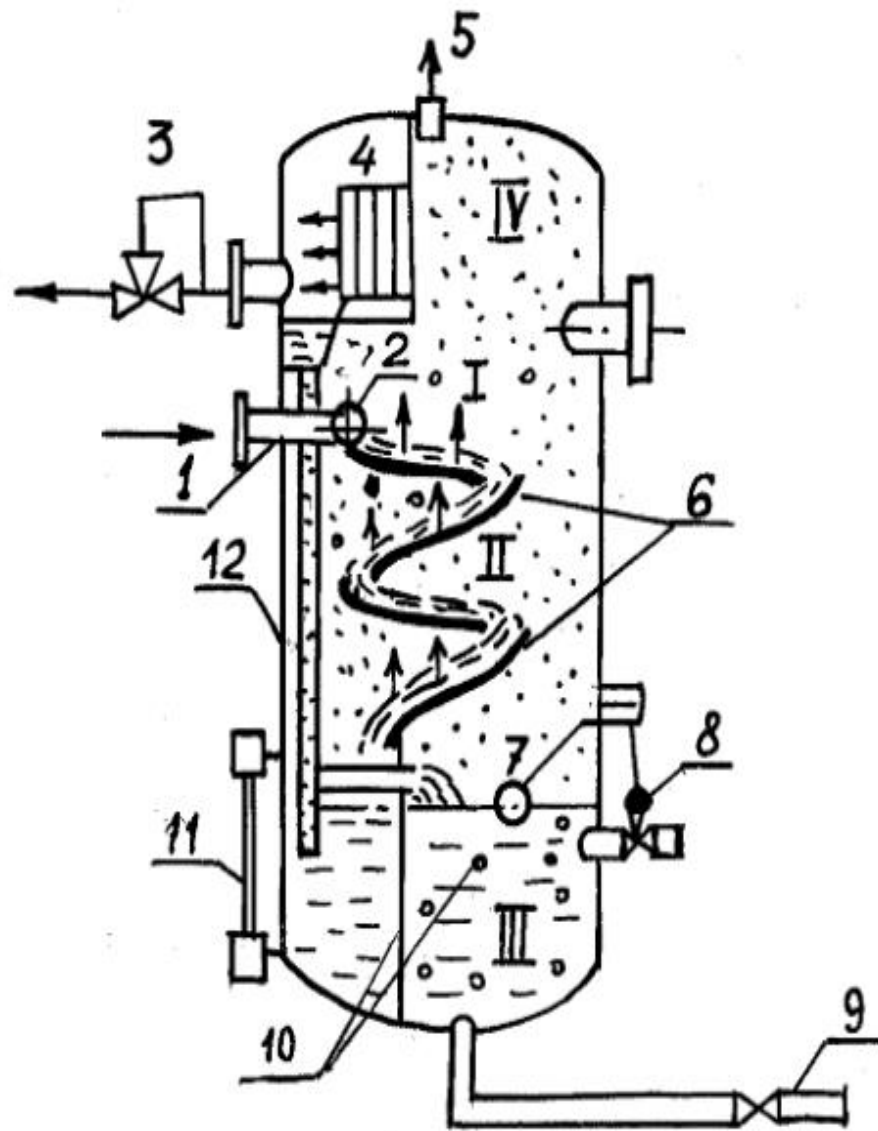


Figure 3. Separator Work Cycle

In Figure 3 the main elements of the vertical separator are presented as:

1 is the branch pipe of the gas-liquid mixture injection; 2 is dispensing manifold with a slotted outlet; 3 is pressure regulator; 4 is louver drop eliminator; 5 is safety valve; 6 is inclined shelves; 7 is float; 8 is level regulator and oil outlets; 9 is sludge collection line; 10 is partitions; 11 is level measuring glass; 12 is drainage pipe.

Section I is a zone evolution of gas from oil. The gas-water mixture under high pressure enters the increased volume separator working space. Due to a sharp decrease of the flow rate, water and gas are separated from the oil and water enters the lower sections, and gas is removed from the separator through the upper branch pipe. An increased separation effect is ensured by tangential gas supply to the separator. In this case, the gas-oil mixture flow enters into the working space of the cylindrical casing of the separator tangentially and moves by rotation along the walls of the casing, which creates optimal conditions for separating water and gas. Then the oil enters in section II, where thin layers of oil drains under gravity down the inclined shelves. This provides better conditions for the separation of gas from oil by reducing the thickness of its layer and increasing the residence time of the mixture in Section II. After section II, oil enters in section III. Section IV - drip is designed to trap liquid droplets entrained by the outgoing gas stream.

The vertical separator works in the following way:

Gas oil-oil mixture under pressure enters the separator through a branch pipe into a dispensing manifold with a slotted outlet. The pressure regulator in the separator maintains a certain pressure, which is less than the initial pressure of the gas-liquid mixture. By reducing the pressure a dissolved gas is released from the gas and oil mixture in the separator. Since this process is not instantaneous, the residence time of the mixture in the separator is sought to be increased by installing inclined shelves where mixture flows down to the bottom of the apparatus. The released gas rises. Here it passes through a louver drip trap, which

serves to separate the oil droplets, and then goes to the gas pipeline. The trapped oil drains down the drainage pipe.

A level regulator and level glass carry out monitoring of the level of oil in the lower part of the separator. Sludge from the apparatus is removed through the lower pipeline.

Advantages of vertical separators are the ease of adjusting the liquid level, as well as cleaning from paraffin deposits and mechanical impurities. They occupy a relatively small area, which is especially important in marine fisheries, where fishing equipment is mounted on platforms or overpasses. However, vertical separators also have significant drawbacks: lower productivity compared to horizontal separators with the same diameter of the apparatus and smaller separation effect.

The horizontal gas-oil separator (Figure 4) consists of a process tank (1) with two inclined shelves (2) inside, a defoamer (3), a desiccator (5) and a device (7) for preventing the formation of a funnel during the drainage of oil. Process tank is provided with a branch pipe (10) for inputting a gas-oil mixture, gas outlets (4) and oil outlets (6) and a access door (8). The inclined shelves are made as troughs with a flange of not less than 150 mm. A switchgear (9) is mounted at the point of input of the gas-oil mixture into the separator.

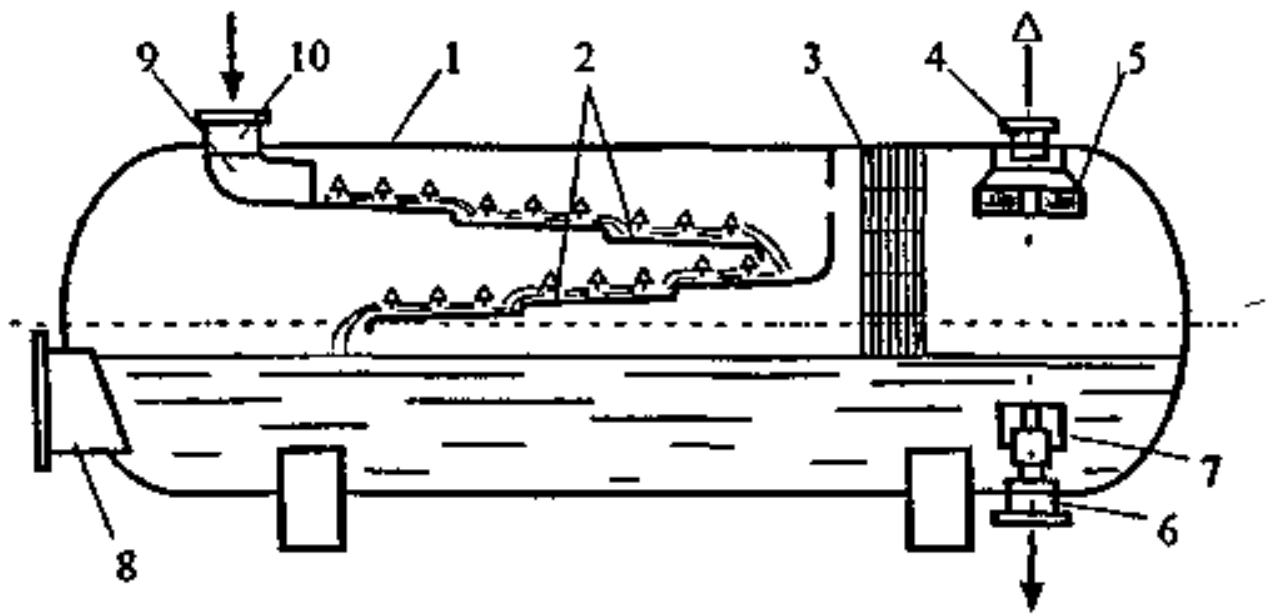


Figure 4. Structure of Horizontal Gas-Oil Separator

In Figure 4 the main elements of the horizontal separator are presented as:

1 is tank; 2 is inclined shelves; 3 is foam suppressant; 4 is output gas; 5 is desiccator; 6 is output oil; 7 is setup to exclude reentry guide; 8 is access door; 9 is switch-gear; 10 is the branch pipe of the gas-liquid mixture injection.

While working the gas-oil mixture passes through the branch pipe 10 and the distributor 9 to the shelves 2 and flows down to the lower part of the process tank. Flowing down to inclined shelves, oil is released from gas bubbles. Gas passes defoamer 3, where the foam breaks down, and the moisture separator 5, where it is cleaned of oil droplets, and through the outlet of gas 4 is outputs from the apparatus. Degassed oil accumulates in the lower part of the process tank and is drained from the apparatus through the nozzle 6.

Horizontal separators have a number of advantages over vertical separators: greater flow efficiency and internal separation effect. Principle of operation of horizontal separators is similar to vertical ones. But due to the fact that in horizontal separators liquid droplets fall perpendicularly to the gas flow, rather

than toward it as in vertical separators, horizontal separators have a greater throughput.

To improve the efficiency of the separation process in horizontal separators, hydrocyclone devices are used.

The horizontal gas-oil separator of the hydrocyclone type (see Figure 5) consists of a process tank 1 and several single-flow hydrocyclones 2. A single-toned cyclone is a vertical cylindrical apparatus with a tangential input of a gas-oil mixture with the guide pipe 3 and the flow section 4 inside.

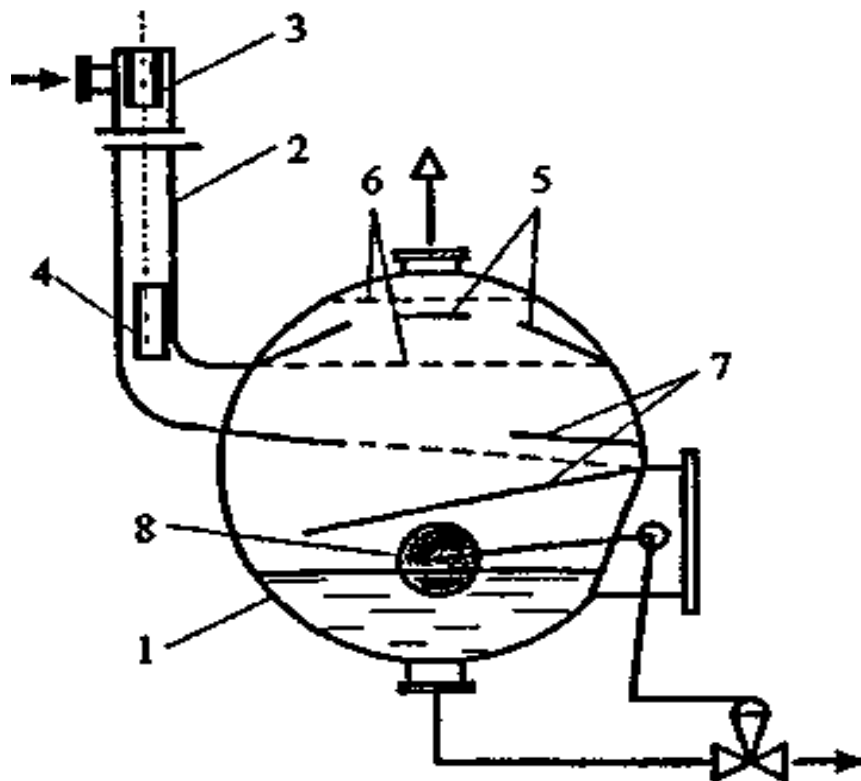


Figure 5. Horizontal Hydrocyclone Gas-Oil Separator

In Figure 5 the main elements of the Horizontal Hydrocyclone separator are presented as:

1 is tank; 2 is single-flow hydrocyclone; 3 is directing branch pipe; 4 is flow section; 5 is entrainment separator ; 6 is distribution grids; 7 is inclined shelves; 8 is level regulator.

In a single-flow hydrocyclone, the mixture simultaneously rotates around the guide nozzle and descends, forming a descending vortex. Under the influence of centrifugal force, oil is pressed against the wall of the cyclone, and the released and purified from the droplets of liquid gas moves in the center of it. In the flow section, oil and gas change the direction of movement from vertical to horizontal and flow separately into the process tank. Further, the gas flow passes the dropping separator 5, the distribution grids 6 and exits the separator. Oil on inclined shelves 7 flows down to the bottom of the tank. Its level is maintained by regulator 8.

### 1.3.1 Advantages and disadvantages of different types of separators

The vertical separator has insensitivity to fluctuations of a level of liquid, which makes it possible to use more simple means for its regulation. Therefore, they are used where flow fluctuation occurs. Cleaning of separators of this type is simpler, therefore vertical separators are used when in oil wellsites contains sand.

The horizontal separator has a large capacity on gas than similar vertical. With increasing length of separator increases its productivity.

On admission production of well sites into the separator already at the initial section precipitation of larger liquid droplets occurs. Dimensions of liquid droplets will decrease from input to output of production from the separator. Than the longer the separator, the smaller the droplet sizes of the liquid on output from the separator.

Engineering service of horizontal separators is simpler than of vertical ones.

After the analysis of the literature it is possible to draw a conclusion, that the gas-oil separators have some drawbacks, the main of which are cumbersome, a large specific weight and high capital costs. Another important problem of all types of traditional separators is the deterioration of the quality of separation in cold



season. Therefore, the actual task is to increase productivity of horizontal oil and gas three-phase separator while retaining of overall dimensions.

#### 1.4 Dehydration

When extracting from a layer, moving along the tubing in the wellbore, and also along the oil and water production pipelines, a water-oil emulsion is formed. It's a mechanical mixture of insoluble in each other and finely dispersed liquids.

There are two types of emulsions: "oil in water" and "water in oil". The type of emulsion depends on the ratio of phase volumes, as well as on temperature, surface tension at the oil-water boundary, etc.

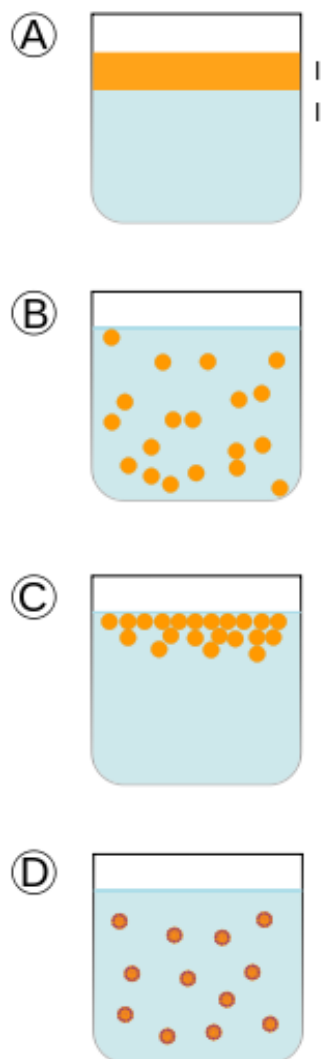


Figure 6. Types of Emulsions

In Figure 6 are presented as:

- A. Two immiscible liquids, not yet emulsified
- B. An emulsion of Phase II (water) dispersed in Phase I (oil)
- C. The unstable emulsion progressively separates
- D. The surfactant (outline around particles) positions itself on the interfaces between Phase II and Phase I, stabilizing the emulsion

The following methods are used to destroy emulsions:

- gravitational cold separation;
- In-tube demulsification;
- thermal effect;
- thermochemical effect;
- electrical effect;
- filtering;
- separation in the field of centrifugal forces.

Gravitational cold separation is used if water content in the formation fluid is high. Settling is carried out in periodic and continuous settlers.

Raw tanks that similar to oil storage tanks are commonly used as periodic settlers. After filling these tanks with crude oil, water is plate out in their lower part.

In continuous settlers, water is separated by continuous passage of the treated mixture through a settler. Schematic scheme of a continuous settler is shown in Figure 7.

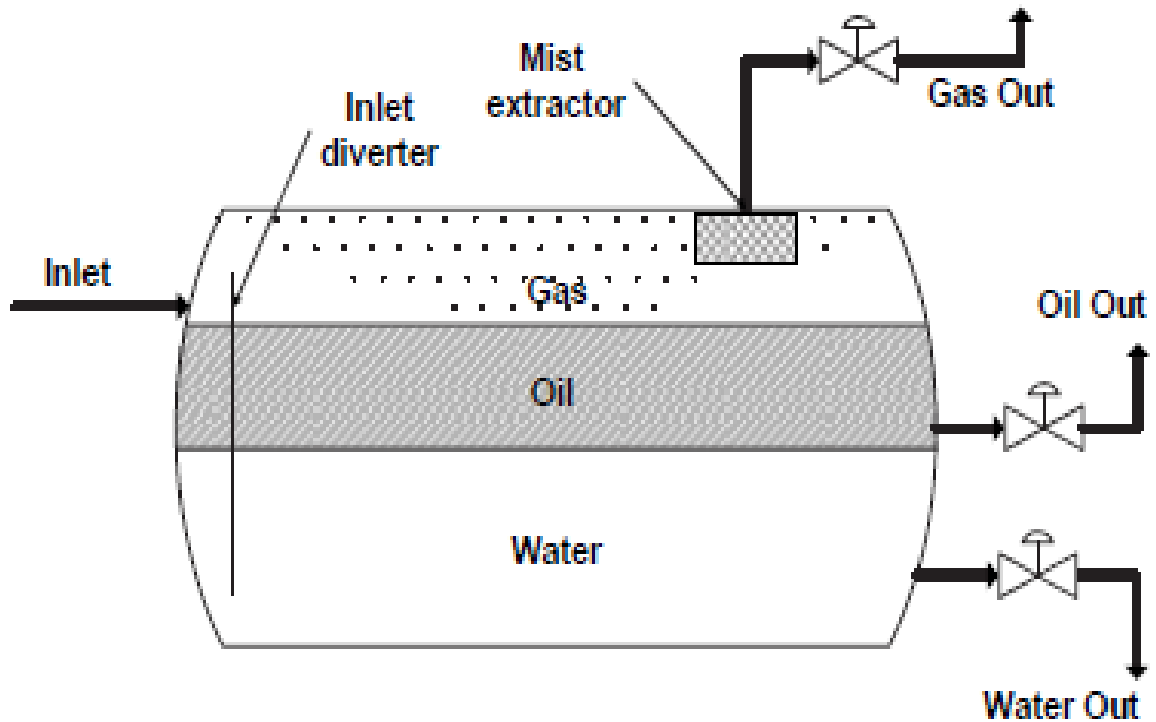


Figure 7. Three Phase Horizontal Separator

The length of the settler is determined from the condition that droplets of a given size needed to be separate from the oil.

The essence of the method of intratubular demulsification is that a special substance is added to the mixture of oil and water - a demulsifier in the amount of 15 ... 20 g per ton of emulsion. The demulsifier destroys the armor shell on the surface of the water droplets and by that provides the conditions for their fusion in collisions. Subsequently, these enlarged droplets are separated easily in the settlers due to the difference in the phase densities.

The thermal effect is that the oil subjected to dehydration is heated before settling. When heated, on the one hand, the strength of the armor shells on the droplet surface decreases, and, therefore, their fusion is facilitates, on the other hand, the viscosity of the oil in which the droplets settle decreases, and this increases the rate of separation of the emulsion.

The emulsion in tanks, heat exchangers and tubular furnaces is heated to a temperature of 45 ... 80 ° C.

The thermochemical method consists of a combination of thermal effect and in-tube demulsification.

The electrical effect on the emulsion is carried out in apparatuses called electric dehydrators. Under the action of the electric field at opposite ends of the drops of water electric charges appear. As a result, droplets attract to each other and merge. Then they settle on the bottom of the tank.

Filtration is applied to destroy unstable emulsions. As a filter material, substances that are not wetted by water but wetted by oil are used. Therefore, oil penetrates through the filter, and water does not.

The separation in the field of centrifugal forces is performed in centrifuges, which are a rotor with a large number of rotations. An emulsion is supplied to the rotor along the hollow shaft. Here it is divided by the forces of inertia, since the drops of water and oil have different densities.

When dehydrating, the water content of the oil is reduced to 1 ... 2%.

The kinetic process of destabilization can be rather long – up to several months, or even years for some products.

Temperature affects not only the viscosity but also the surface tension in the case of non-ionic surfactants or, on a broader scope, interactions of forces inside the system.